Modélisation par conception et fabrication assistée par ordinateur des greffons allogéniques tridimensionnels : régénération des défauts osseux maxillaires et mandibulaires

Parissa Esfandiari

▶ **To cite this version:**

Parissa Esfandiari. Modélisation par conception et fabrication assistée par ordinateur des greffons allogéniques tridimensionnels : régénération des défauts osseux maxillaires et mandibulaires. Sciences du Vivant [q-bio]. 2018. dumas-02067718

HAL Id: dumas-02067718

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02067718

Submitted on 14 Mar 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

UNIVERSITÉ PARIS DESCARTES

MEMBRE DE
USPC
Université Sorbonne Paris Cité

AVERTISSEMENT

Cette thèse d'exercice est le fruit d'un travail approuvé par le jury de soutenance et réalisé dans le but d'obtenir le diplôme d'État de docteur en chirurgie dentaire. Ce document est mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt toute poursuite pénale.

Code de la Propriété Intellectuelle. Articles L 122.4

Code de la Propriété Intellectuelle. Articles L 335.2 - L 335.10

UNIVERSITÉ PARIS DESCARTES

MEMBRE DE
USPC
Université Sorbonne Paris Cité

UNIVERSITÉ PARIS DESCARTES

FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2018 **N° 093**

THÈSE

POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le : 17 octobre 2018

Par

Parissa ESFANDIARI

Modélisation par conception et fabrication assistée par ordinateur des greffons allogéniques tridimensionnels : régénération des défauts osseux maxillaires et mandibulaires

Dirigée par Mme le Docteur Francesca Mangione

JURY

M. le Professeur Louis Maman	Président
M. le Professeur Benjamin Salmon	Assesseur
Mme le Docteur Francesca Mangione	Assesseur
M. le Docteur Roch Pecorari	Assesseur
M. le Docteur Stéphane Milliez	Invité

CC BY NC ND

Tableau des enseignants de la Faculté

DÉPARTEMENTS	DISCIPLINES	PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS	MAÎTRES DE CONFÉRENCES
1. DÉVELOPPEMENT, CROISSANCE ET PRÉVENTION	ODONTOLOGIE PÉDIATRIQUE	Mme DAVIT-BÉAL Mme DURSUN Mme VITAL	M. COURSON Mme JEGAT Mme SMAIL-FAUGERON Mme VANDERZWALM
	ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE		Mme BENAHMED M. DUNGLAS Mme KAMOUN-GOLDRAT Mme LE NORCY
	PRÉVENTION, ÉPIDEMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ ET ODONTOLOGIE LÉGALE	Mme FOLLIGUET M. PIRNAY	Mme GERMA M. TAVERNIER
2. CHIRURGIE ORALE, PARODONTOLOGIE, BIOLOGIE ORALE	PARODONTOLOGIE	Mme COLOMBIER Mme GOSSET	M. BIOSSE DUPLAN M. GUEZ
	CHIRURGIE ORALE	M. MAMAN Mme RADOI	Mme EJEIL M. GAULTIER M. HADIDA M. MOREAU M. NGUYEN
	BIOLOGIE ORALE	Mme CHAUSSAIN M. GOGLY Mme SÉGUIER Mme POLIARD	M. ARRETO Mme BARDET (MCF) Mme CHARDIN M. FERRE M. LE MAY
3. RÉHABILITATION ORALE	DENTISTERIE RESTAURATRICE ENDODONTIE	Mme BOUKPESSI Mme CHEMLA	Mme BERÈS Mme BESNAULT M. BONTE Mme COLLIGNON M. DECUP Mme GAUCHER
	PROTHÈSES		M. CHEYLAN M. DAAS M. DOT M. EID Mme FOUILLOUX-PATEY Mme GORIN M. RENAULT M. RIGNON-BRET M. TIRLET M. TRAMBA Mme WULFMAN
	FONCTION-DYSFONCTION, IMAGERIE, BIOMATÉRIAUX	M. SALMON	M. ATTAL Mme BENBELAID Mme BENOÎT A LA GUILLAUME (MCF) M. BOUTER M. CHARRIER M. CHERRUAU M. FLEITER Mme FRON CHABOUIS Mme MANGIONE Mme TILOTTA
	PROFESSEURS ÉMÉRITES	M. BÉRENHOLC Mme BRION M. LASFARGUES M. LAUTROU M. LEVY	M. PELLAT M. PIERRISNARD M. SAFFAR Mme WOLIKOW

Mise à jour le 04 septembre 2018

Remerciements

À M. le Professeur Louis Maman

Docteur en chirurgie dentaire

Spécialiste qualifié en Chirurgie orale

Habilité à Diriger des Recherches

Professeur des Universités, Faculté de Chirurgie dentaire Paris Descartes

Praticien Hospitalier, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris

Doyen de la Faculté de Chirurgie dentaire Paris Descartes

Qui me fait l'honneur de présider le jury de cette thèse d'exercice. Veuillez trouver ici le témoignage de ma sincère reconnaissance et de mon profond respect.

À M. le Professeur Benjamin Salmon

Docteur en Chirurgie dentaire

Spécialiste qualifié en Chirurgie orale

Docteur de l'Université Paris Descartes

Habilité à Diriger des Recherches

Professeur des Universités, Faculté de Chirurgie dentaire Paris Descartes

Praticien Hospitalier, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris

Chef de service de l'hôpital Bretonneau

Qui me fait l'honneur de participer au jury de cette thèse. Veuillez trouver ici l'expression de mes sincères remerciements.

À Mme le Docteur Francesca Mangione

Docteur en Chirurgie dentaire

Spécialiste qualifiée en Chirurgie orale

Docteur de l'Université de Rome « La Sapienza »

Maître de Conférences des Universités, Faculté de Chirurgie dentaire Paris Descartes

Qui me fait l'honneur de diriger cette thèse d'exercice. Merci d'avoir toujours cru en moi, de m'avoir soutenue, poussée et aidée dans cette réalisation. Merci d'avoir été si disponible et à l'écoute.

À M. le Docteur Roch Pecorari

Docteur en Chirurgie dentaire

Assistant Hospitalo-Universitaire, Faculté de Chirurgie dentaire Paris Descartes

Qui me fait l'honneur de participer au jury de cette thèse. Veuillez trouver ici le témoignage de mon profond respect. Merci de m'avoir accueillie dans votre cabinet et de m'avoir généreusement transmis votre savoir. Soyez assuré de ma profonde admiration.

À M. le Docteur Stéphane Milliez,

Docteur en Chirurgie dentaire

Qui me fait l'honneur de participer au jury de cette thèse. Merci pour votre patience, votre empathie et votre disponibilité. Veuillez trouver ici le témoignage de mon sincère respect.

Table des matières

INTRODUCTION **2**

1 : REGENERATION OSSEUSE **4**

1.1 PROPRIETES DES BIOMATERIAUX 4

1. 2 CLASSIFICATIONS DES DEFAUTS 5

1.2.1 Classification de la crête édentée de Cawood et Howell (1988) *5*

1.3 REGENERATION OSSEUSE GUIDEE (ROG) 7

1.3.1. Principes *7*

1.4 AUTOGREFFE 8

1.4.1. Définition *8*

1.4.2. Avantages *9*

1.4.3. Limites et complications *10*

1.5. ALLOGREFFE 10

1.5.1. Définition *10*

1.5.2. Avantages et inconvénients *15*

1.5.3. Caractéristiques histologiques *17*

2: REGENERATION PAR GREFFE ALLOGENIQUE 3D **21**

2.1 GREFFES ALLOGENIQUES 3D MODELISEES PAR CFAO (CONCEPTION ET FABRICATION ASSISTEE PAR ORDINATEUR) 21

2.2 PLAN DE TRAITEMENT 22

3 : CASE REPORT **28**

3.1 PRESENTATION DU PATIENT 28

3.1.1. Modélisation des greffons allogéniques *30*

3.2. INTERVENTION CHIRURGICALE 32

CONCLUSION **41**

BIBLIOGRAPHIE **42**

TABLE DES FIGURES **46**

TABLE DES TABLEAUX **48**

Introduction

Les pertes osseuses de la sphère orofaciale peuvent être d'origine physiologique, tumorale, infectieuse, traumatique ou iatrogène.
En raison de leur étendue, ces défauts osseux doivent être traités lorsqu'une réhabilitation prothétique esthétique et fonctionnelle implanto-portée est demandée.
La mise en place d'un implant répond à deux critères : stabilité primaire et axe prothétique favorable. S'ils ne peuvent être atteints, l'augmentation préalable de la crête osseuse appartient aux options thérapeutiques possibles.[1]

Il est admis aujourd'hui que le gold standard de reconstruction d'un défaut osseux est la greffe autogène (greffe du patient à lui-même). Cependant elle présente un certain nombre d'inconvénients et de limites qui poussent les chercheurs à trouver des thérapeutiques alternatives.
D'où l'intérêt grandissant pour les allogreffes (greffe d'un individu à un autre).

Aujourd'hui, grâce au développement des techniques de CFAO, les greffons d'os allogène peuvent être conçus et modélisés à partir de données radiographiques tridimensionnelles.
Cette modélisation par ordinateur permet de recevoir une pièce, qui correspondra exactement à l'anatomie de la perte osseuse, avec l'avantage d'une réduction des temps opératoires et une amélioration dans l'aménagement des tissus mous.
La réussite de la greffe dépend de plusieurs facteurs comme la vascularisation, la coaptation du greffon au site et la qualité du recouvrement muqueux.
C'est une technique moins invasive qui nous permet d'avoir autant d'os que nécessaire, il n'y a pas de limitation liée à la quantité disponible dans la zone de prélèvement du patient.

Dans le SSERD (Service de Soins et de Recherche Dentaire) de l'hôpital universitaire Henri Mondor à Créteil, les greffes allogéniques modélisées par ordinateur sont réalisées depuis 2016 avec un protocole de planification dédié à cette technique, et un plateau technique de dernière génération : un appareil CBCT pour l'acquisition 3D et des blocs opératoires pour la réalisation des interventions.

[1] Antoun et Sojod, « Greffe osseuse en bloc ».

Nous introduirons, donc, dans une première partie, le contexte scientifique de la régénération osseuse et les propriétés de l'allogreffe.

Puis dans une seconde partie nous décrirons le protocole de planification des greffes 3D modélisées par ordinateur.

Enfin, nous présenterons un cas clinique pour illustrer cette technologie.

1 : Régénération osseuse

La régénération osseuse est un processus physiologique complexe et bien orchestré de la formation osseuse, qui peut être observée lors de la cicatrisation normale des fractures et qui est impliquée dans le remodelage continu tout au long de la vie adulte. Cependant, il existe des conditions cliniques complexes dans lesquelles la régénération osseuse est nécessaire en grande quantité, comme la reconstruction squelettique de gros défauts osseux créés par un traumatisme, une infection, une résection tumorale et des anomalies squelettiques. Actuellement, il existe une pléthore de stratégies différentes pour augmenter le processus de régénération osseuse altérée, dont la greffe osseuse autologue, les allogreffes et l'utilisation de facteurs de croissance, comme échafaudages ostéoconducteurs. Des stratégies «locales» améliorées en termes d'ingénierie tissulaire et de thérapie génique, ou encore de réhaussement «systémique» de la réparation osseuse, sont en cours d'investigation intense, afin de dépasser les limites des méthodes actuelles pour produire des substituts osseux aux propriétés biomécaniques qui sont aussi identiques que possible à l'os natif.[2]

1.1 Propriétés des biomatériaux

Le cahier des charges d'un biomatériau d'augmentation osseuse en chirurgie orale doit répondre à différents critères : la biocompatibilité, l'ostéoinduction et l'ostéoconduction. Il ne doit pas provoquer de rejet immunitaire, ne pas poser de risque de transmission de maladie, garantir une stabilité primaire durant toute la durée du traitement et fournir une matrice favorisant la régénération osseuse. [3]

Quelques définitions :

Ostéoconduction : croissance osseuse par apposition à partir de l'os environnant, le matériau sert d'échafaudage.

Ostéoinduction : croissance osseuse par induction de différenciation des cellules indifférenciées en cellules ostéoblastiques par un matériau.

Ostéogénèse : Capacité d'un biomatériau à former de la matrice osseuse.[4]

[2] Dimitriou et al., « Bone regeneration ».
[3] Chaushu et al., « Analysis of complications following augmentation with cancellous block allografts ».
[4] Precheur, « Bone graft materials ».

1. 2 Classifications des défauts

Afin de concevoir des lignes guides pour le traitement des défauts, de nombreux auteurs ont proposé différentes classifications associant plusieurs facteurs tels que la topographie et la sévérité du défaut, comme Cawood et Howell en 1988 (figure 1) ou Wang et Shammari en 2002 (figure 2).

1.2.1 Classification de la crête édentée de Cawood et Howell (1988)[5]

Classe I : crête dentée.
Classe II : immédiatement après une extraction.
Classe III : forme de crête bien arrondie, adéquate en hauteur et en largeur.
Classe IV : forme de crête en lame de couteau, de hauteur adéquate et de largeur insuffisante.
Classe V : crête plate, inadéquate en hauteur et en largeur.
Classe VI : crête déprimée, avec une perte basilaire évidente.

[5] Cawood et Howell, « A classification of the edentulous jaws ».

Figure 1 : Classification de Cawood et Howell mettant en évidence les différentes classes de crêtes édentées

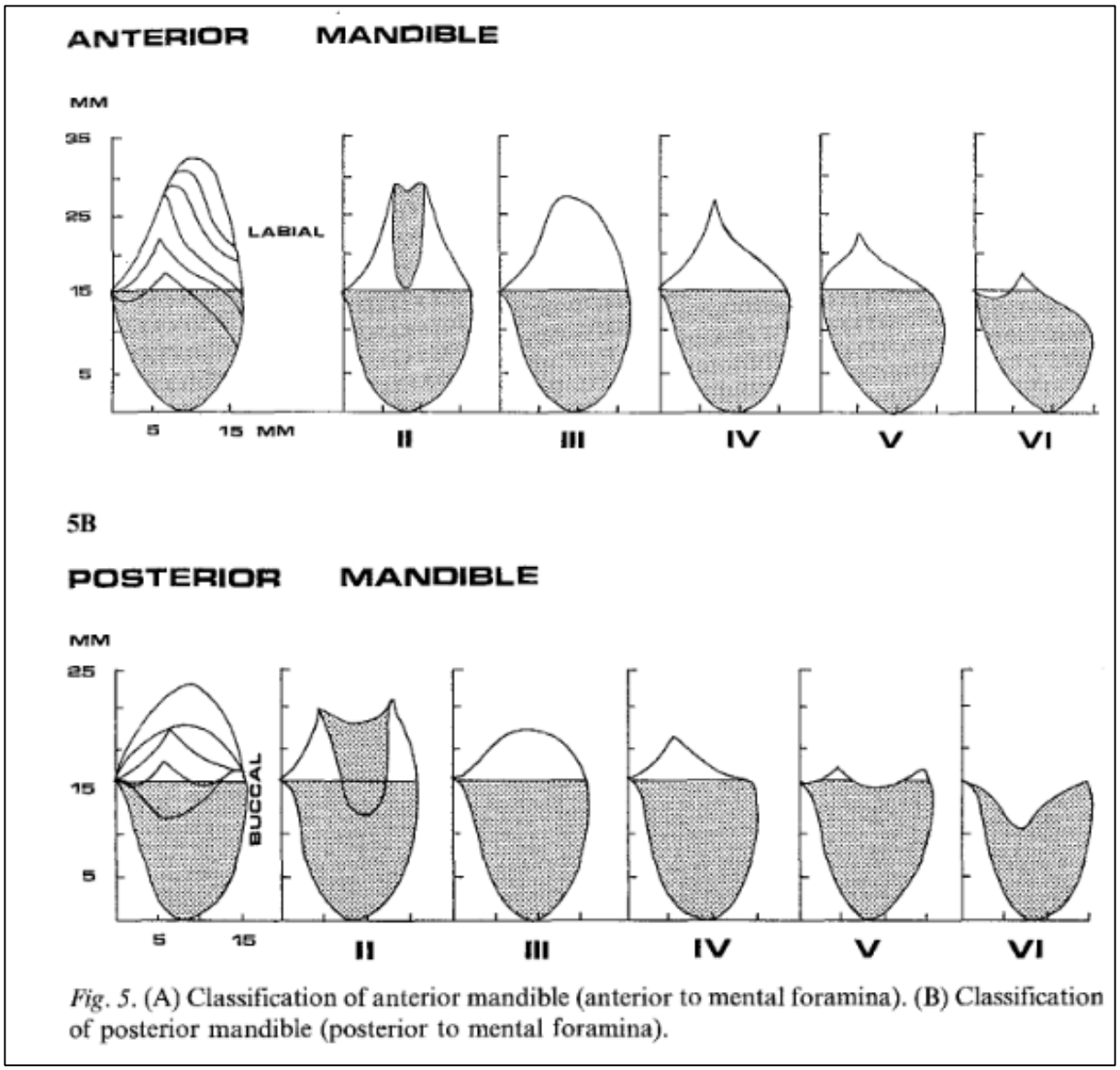


Fig. 5. (A) Classification of anterior mandible (anterior to mental foramina). (B) Classification of posterior mandible (posterior to mental foramina).

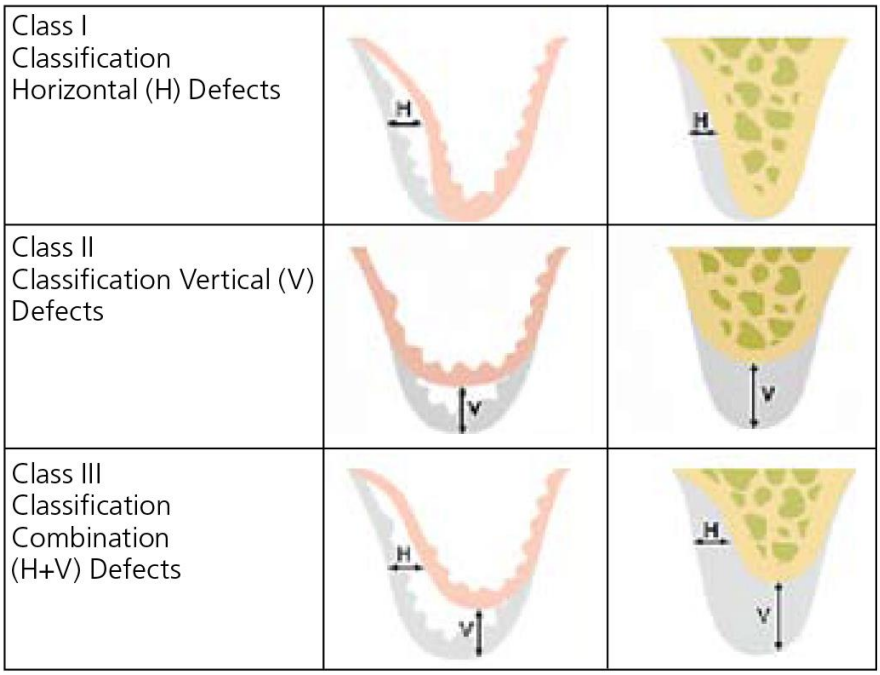
Source : Cawood et Howell, « A classification of the edentulous jaws », 1988

1.2.2. Classification de Wang et Al-Shammari

La classification de Wang et Shammari est fondée sur le sens et la sévérité de la perte osseuse.
Le défaut peut être horizontal, vertical ou combiné, puis chaque classe est définie en petit (P < 3 mm), moyen (M 4 à 6 mm) et gros défauts (G > 7 mm). [6]

[6] Chapelain, « Greffes osseuses autogènes : prélèvement rétromolaire mandibulaire ».

Figure 2 : Classification de Wang et Al-Shammari classant les défauts osseux selon leur sens et sévérité



Source : Wang et Al-Shammari, « HVC ridge deficiency classification : a therapeutically oriented classification », 2002

En fonction du type de défaut auquel on est confronté on décide vers quelle thérapeutique s'orienter : de la régénération osseuse guidée (ROG) en cas de défaut mineur, à la greffe par apposition[7].

1.3 Régénération osseuse guidée (ROG)

1.3.1. Principes

La théorie des compartiments des tissus a abouti à la technique de la régénération tissulaire guidée (RTG) car les cellules colonisent les surfaces selon le principe « premières arrivées, premières servies. » Cette théorie a permis la mise en place de moyens de contrôle de la migration cellulaire par des filtres et plus tard par des membranes. Le concept de la régénération osseuse guidée (ROG) est fondé sur les bases de la RTG. La ROG fait appel à des barrières physiques sous forme de membranes. Ces barrières empêchent la colonisation du défaut osseux par les tissus mous

[7] Dimitriou et al., « Bone regeneration ».

conjonctifs et épithéliaux et permettent ainsi seulement aux cellules à pouvoir ostéogénique d'envahir l'espace cicatriciel.[8]

Les membranes ont un triple rôle :

- prévenir la prolifération des cellules à partir de la muqueuse de recouvrement et favoriser la migration des cellules issues des espaces médullaires dans le caillot habitant le site ;
- stabiliser la greffe osseuse et le caillot ;
- s'opposer à la résorption de la crête.

L'interposition d'un greffon osseux entre la membrane et le défaut osseux s'avère nécessaire et ceci pour les raisons suivantes :

- stimuler la croissance osseuse ;
- jouer le rôle d'échafaudage pour la croissance osseuse dans le site receveur ;
- supporter la membrane pour éviter l'effondrement ;
- assurer une protection mécanique contre la pression du recouvrement des tissus mous ;
- protéger le volume augmenté de la résorption.

1.4 Autogreffe

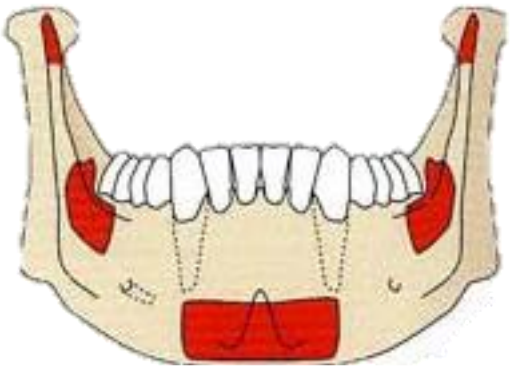
1.4.1. Définition

L'autogreffe consiste à prélever de l'os directement chez le patient receveur. Le prélèvement peut se faire en intra-buccal ou extra-buccal. En intra-buccal les sites privilégiés sont la zone rétromolaire et la symphyse mentonnière (figure 3). En extra-buccal cela peut être la crête iliaque, l'os pariétal, la calvaria etc. Les sites intra buccaux entraînent moins de morbidité et de résorption que les sites extra buccaux. [9]

Cela suggère donc la présence de deux sites opératoires : un site donneur et un site receveur. L'autogreffe est encore aujourd'hui considérée comme le gold standard pour la reconstruction des défauts osseux maxillaires de petite ou grande étendue, grâce à sa forte activité ostéoinductrice. [10]

[8] Antoun, Karouni, et Sojod, « La régénération osseuse guidée : résultats, limites et perspectives ».
[9] Motamedian, Khojaste, et Khojasteh, « Success rate of implants placed in autogenous bone blocks versus allogenic bone blocks : a systematic literature review ».
[10] Antoun et Sojod, « Greffe osseuse en bloc ».

Figure 3 : Sites de prélèvements intra-buccaux : symphyse mentonnière et zone rétromolaire



Source : Dr Mangione, 2017

Le greffon d'os contient un réservoir de cellules impliquées dans la réparation osseuse dont les cellules souches mésenchymateuses (CSM) mais également des facteurs de croissances entourés d'une MEC. Ils sont libérés pendant la cicatrisation ce qui envoie un signal pour stimuler le recrutement de cellules progénitrices et induit l'ostéogenèse.[11]

1.4.2. Avantages

Elle est biologiquement compatible puisqu'elle vient du même patient et fournit une matrice permettant la croissance d'un nouvel os. L'os autologue est le seul à avoir des propriétés ostéogéniques, ostéoinductrices et ostéoconductrices.[12] [13] Les sites intra-buccaux sont utilisés en cas de légers défauts osseux, les sites extra-buccaux comme la crête iliaque ou la calvaria pour de plus gros défauts. Cette technique nécessite un second site chirurgical, ce qui pousse à considérer la morbidité de l'acte. [14]

[11] Waddington R. J., Jones S. Q., et Moseley, « Assessing the potential of mesenchymal stem cells in craniofacial bone repair and regeneration ».
[12] Esposito et al, « Interventions for replacing missing teeth : horizontal and vertical bone augmentation techniques for dental implant treatment »; Ahmadi et al., « Clinical and histomorphometric assessment of lateral alveolar ridge augmentation using a corticocancellous freeze-dried allograft bone block ».
[13] Ahmadi et al, « Clinical and histomorphometric assessment of lateral alveolar ridge augmentation using a corticocancellous freeze-dried allograft bone block ».
[14] Esposito et al, « The efficacy of various bone augmentation procedures for dental implants : a Cochrane systematic review of randomized controlled clinical trials ».

1.4.3. Limites et complications

La morbidité du site donneur est à considérer. Les suites post-opératoires pouvant survenir sont : œdème post-opératoire, hématome, douleur prolongée, paresthésie. [15] Une infection peut survenir, ainsi qu'une exposition du greffon ou perte des vis de fixation.
Si le site donneur est extra-buccal l'intervention nécessite une anesthésie générale.
On est limité en quantité d'os disponible. De plus le risque accru de résorption aléatoire est à prendre en compte. [16] L'expérience du praticien est un facteur prédominant. [17]
La durée de l'intervention est plus longue qu'en cas d'allogreffe.

1.5. Allogreffe

1.5.1. Définition

L'os allogène provient d'un autre individu de la même espèce.
Les blocs d'allogreffe sont récupérés sur donneurs vivants lors d'arthroplasties de hanche. Tous les prélèvements sont réalisés en France par des chirurgiens orthopédistes. La sélection des donneurs est fondée sur le strict respect des règles de sécurité sanitaire, sur la base des critères cliniques recommandés par l'Agence de la Biomédecine et des critères sérologiques réglementaires. Ils sont stockés dans des banques d'os. [18]

Il existe quatre familles d'os allogène, classées selon leur procédé de transformation: os d'origine humaine congelé minéralisé (FFBA), os d'origine humaine congelé lyophilisé non déminéralisé (FDBA), os déminéralisé congelé lyophilisé (DFDBA) et os délipidé déprotéinisé.

Les allogreffes exercent une action ostéoconductrice primaire et semblent s'intégrer et se remodeler plus lentement que l'autogreffe[19] (tableau 1).

[15] Xavier S. P., « Maxillary sinus grafting with autograft versus fresh-frozen allograft : a split-mouth evaluation of bone volume dynamics. »
[16] Ahmadi et al, « Clinical and histomorphometric assessment of lateral alveolar ridge augmentation using a corticocancellous freeze-dried allograft bone block ».
[17] Antoun et Sojod, « Greffe osseuse en bloc ».
[18] Sebbag et Missika, « Les matériaux de comblement : classification et propriétés ».
[19] Al-Nawas et Schiegnitz, « Augmentation procedures using bone substitute materials or autogenous bone : a systematic review and meta-analysis ».

Tableau 1 : Répartition des matériaux de greffe osseuse en fonction de leurs propriétés

	Ostéoconducteur	ostéoinducteur	ostéogénique
Os autogène	oui	oui	oui
Matériaux de substitution osseuse allogène	oui	oui	non

Source : Khoury, *Greffe osseuse en implantologie*, 2010

1.5.1.1. Banques d'os

Une banque de tissus est une structure où les tissus sont sécurisés et conservés avant leur délivrance en vue d'une greffe.

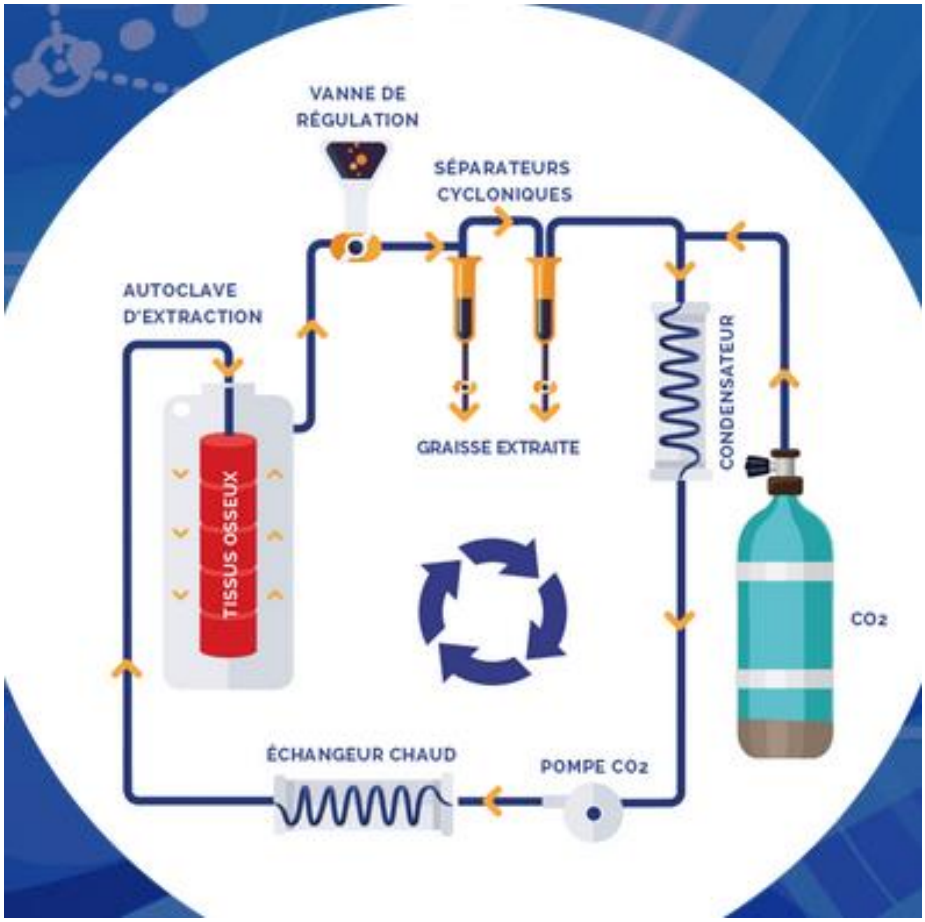
Pour recevoir un greffon osseux allogénique il faut remplir et envoyer à la banque de tissu une prescription médicale nominative.

Les têtes de fémur récoltées sont transformées en greffons viro-inactivés et stériles par la mise en œuvre du procédé Supercrit® (basé sur l'utilisation du CO2 à l'état supercritique) chez Biobank. Cependant ce n'est pas le seul procédé de stérilisation utilisé en France. TBF utilise le système Phoenix et PUROS le système Tutoplast (les greffons Tutoplast ne sont plus commercialisés).

Par rapport aux autogreffes, les allogreffes subissent tout d'abord un traitement d'élimination de moelle osseuse, de façon à les rendre indemnes d'agents infectieux, puis une congélation et enfin une lyophilisation qui détruit les cellules et réduit l'antigénicité du greffon (figure 4.) S'ils inactivent les virus potentiels, ces précédents traitements imposés à l'os préservent toutefois les protéines matricielles : l'obtention d'un pouvoir ostéoinducteur est donc possible. [20]

[20] Chapelain, « Greffes osseuses autogènes : prélèvement rétromolaire mandibulaire ».

Figure 4 : Schéma illustrant le processus de la chaîne Supercrit® : utilisation du CO2 supercritique

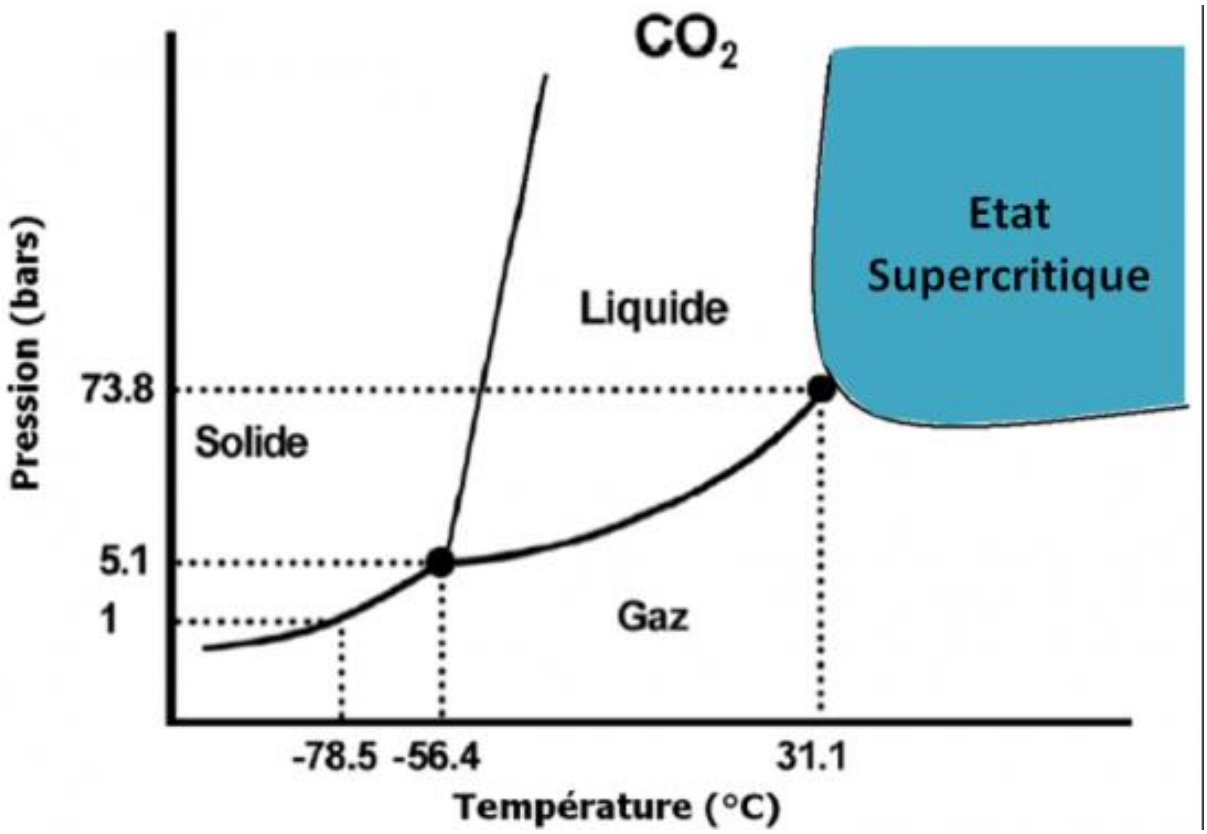


Source : Biobank

Le procédé Supercrit® est basé sur la technologie d'extraction par CO2 supercritique (CO2 SC), pour dégraisser et décontaminer le tissu osseux.

Après suppression du cartilage, la tête fémorale est soumise à l'action du CO2 porté à l'état supercritique sous l'effet de la pression et de la température (figure 5.) Le CO2 SC possède la viscosité d'un gaz et une haute capacité de dissolution des lipides, ce qui lui donne ses propriétés de diffusion dans le tissu osseux et d'avulsion des graisses présentes dans les travées osseuses.

Figure 5 : Diagramme de changement d'état du dioxyde de carbone en fonction de la température et de la pression



Source : Biobank

Grâce au CO2 SC, la tête fémorale est entièrement dégraissée. En outre, le CO2 SC est non toxique, possède un effet anti-infectieux et n'a pas d'action sur la trame minérale et collagénique de l'os.

Un traitement chimique est ensuite appliqué pour accompagner l'action du CO2 supercritique :

- Peroxyde d'hydrogène pour oxyder les protéines résiduelles de la moelle,

- Soude molaire afin d'inactiver les prions conformément aux recommandations internationales,

- Ethanol de façon à dessécher le tissu osseux et permettre sa conservation.

Le procédé Supercrit® ne provoque pas de dégradation de l'os et permet d'arriver à un degré de sûreté virale très considérable (figure 6.)

Intégralement assainis, les greffons sont séchés par un flux d'air chaud, conditionnés en emballage étanche et radiostérilisés à 25 kGy.

Figure 6 : Effets du traitement Supercrit® montrant le respect du réseau trabéculaire du greffon

Source : Biobank

Les greffons sont fournis stériles dans un double emballage étanche permettant leur conservation à température ambiante pendant 5 ans. Ils sont fournis dans plusieurs formats : blocs ou particules. La forme d'allogreffe la plus couramment utilisée est la forme particulaire, bien que d'autres formes, telles que des feuilles, du mastic, du gel, de l'éponge de collagène, des segments corticaux, spongieux et, récemment, corticospongieux, sont également utilisées.[21]

La forme particulaire est surtout utilisée pour les greffes sinusiennes, la ROG et dans les procédures d'extraction-implantation immédiates. Les blocs sont utilisés dans les augmentations osseuses horizontales. Ils sont résorbables, sur de très longues années.[22]

Frayssinet et coll ont analysé l'intégration histologique des blocs allogéniques traités par Supercrit. A 8 mois post-opératoire, les greffons traités par Supercrit montraient deux types de zones : les sites qui ne pouvaient pas être différenciés de l'os greffé et ceux où la densité osseuse et l'orientation trabéculaire montraient que le greffon était intégré. Pour les greffons non traités un seul était partiellement intégré, la moitié montrant une résorption totale. Les autres greffons ont été totalement ou partiellement détruits.

[21] Ahmadi et al. « Clinical and histomorphometric assessment of lateral alveolar ridge augmentation using a corticocancellous freeze-dried allograft bone block ».
[22] Antoun et Sojod, « Greffe osseuse en bloc ».

Pour mieux exploiter cette étude il aurait peut-être fallu comparer deux méthodes de stérilisation différentes et non à un greffon non traité. [23]

1.5.2. Avantages et inconvénients

Les avantages de l'utilisation de blocs d'allogreffe sont la diminution du temps opératoire, du traumatisme du patient, un support illimité pour la reconstruction, allié à une diminution de la perte de la vascularisation et une absence de morbidité du site donneur. [24] On note également une diminution des suites post-opératoires. [25] [26]

La réussite de la greffe dépend de la vascularisation, la coaptation du greffon au site et la qualité du recouvrement muqueux. [27]

L'exposition précoce de la membrane a été déterminée comme la cause principale d'échec de greffe. La perte des vis de fixation est la 2ème cause d'échec. [28]

Habituellement, les infections surviennent quand il y a un défaut de recouvrement de la greffe pendant la période de cicatrisation ou de la contamination de la greffe lors du façonnage du bloc. Pour cette raison, plus le façonnage est long plus il y a de risque de contamination de la pièce. L'utilisation d'un bloc minéralisé cortico-spongieux allogénique peut éliminer cette procédure chirurgicale additionnelle de prélèvement du greffon, mais la précision du modelage requis pour adapter les tissus au site chirurgical peut ajouter du temps et du stress significatifs à la chirurgie. Cela peut mener à un manque d'adaptation entre le défaut osseux et la pièce allogénique.

Par conséquent, la complication la plus fréquente liée à l'utilisation d'allogreffe et de xénogreffe est l'infection.[29]

L'allogreffe est beaucoup plus opérateur-dépendant et sensible à la technique que l'autogreffe. [30]

---

[23] Frayssinet et al, « Histological integration of allogeneic cancellous bone tissue treated by supercritical CO2 implanted in sheep bones ».
[24] Spin-Neto et al., « Clinical similarities and histological diversity comparing fresh frozen onlay bone blocks allografts and autografts in human maxillary reconstruction ».
[25] Hasan et al., « Advances in osteobiologic materials for bone substitutes ».
[26] Jabbour et Milliez, « Augmentations osseuses pré-implantaires en apposition horizontale avec des blocs d'os allogénique ».
[27] Audran, Guillaume, et Chappard, *Tissu osseux et biomatériaux en chirurgie dentaire*.
[28] Chaushu et al, « Analysis of complications following augmentation with cancellous block allografts ».
[29] Jacotti, Barausse, et Felice, « Posterior atrophic mandible rehabilitation with onlay allograft created with CAD-CAM procedure : a case report ».
[30] Keith et al, « Clinical and histologic evaluation of a mineralized block allograft : results from the developmental period (2001-2004) ».

De plus il a été démontré que les allogreffes présentent un faible taux de résorption et un taux de survie implantaire élevé. [31-32]

Cependant il y a des inconvénients à l'utilisation des blocs d'allogreffe, les plus cités étant les différences de propriétés biologiques, le risque de transmission de maladie et d'antigénicité[33] et les complications post-opératoires .[34] Il est estimé que le risque de transmission du VIH était de 1 sur 1.6 million mais aucun cas de transmission n'a été rapporté jusqu'à ce jour.[35]

Concernant le risque de transmission de maladie il y a un grand nombre d'études qui déclarent que l'allogreffe représente un risque minime pour le patient. [36]

On se demande donc si les patients sont rassurés par l'allogreffe et préfèrent cette option à l'autogreffe. Une étude menée par Fernandez et coll. en 2015 a montré que les patients refusent plus largement les allogreffes et xénogreffes que les autogreffes et les matériaux alloplastiques. Cependant aucun lien n'a été trouvé entre le niveau socioéconomique ou la religion et accord/refus de la greffe. [37]

Une autre étude menée en Turquie, publiée en 2017, arrive à la même conclusion, les préférences des patients sont dans l'ordre : autogreffe, greffe alloplastique, xénogreffe d'origine bovine, allogreffe et xénogreffe d'origine porcine.[38]

Bien qu'il y ait un nombre considérable d'articles scientifiques concernant la technologie et l'utilisation clinique de l'allogreffe, très peu d'études ont été publiées concernant ses enjeux éthiques et sociaux .

Contrairement à d'autres technologies qui ont fait des progrès rapides, les progrès réalisés dans les procédures allogreffes dépendent du tissu humain, quelque chose de complexe et incomplètement compris d'un point de vue scientifique. La greffe tissulaire, comme dans toutes les interventions chirurgicales, a été associée à des complications. Surtout s'ils sont contaminés, les greffes peuvent être potentiellement dangereuses pour le receveur. Dans certaines situations, ils sont aussi la

[31] Monje et al. « On the feasibility of utilizing allogeneic bone blocks for atrophic maxillary augmentation ».
[32] Nissan et al. « Cancellous bone block allografts for the augmentation of the anterior atrophic maxilla ».
[33] Xavier S. P., « Maxillary sinus grafting with autograft versus fresh-frozen allograft : a split-mouth evaluation of bone volume dynamics. »
[34] Chaushu et al, « Analysis of complications following augmentation with cancellous block allografts ».
[35] Boyce, Edwards, et Scarborough, « Allograft bone : the influence of processing on safety and performance ».
[36] Spin-Neto et al, « Clinical similarities and histological diversity comparing fresh frozen onlay bone blocks allografts and autografts in human maxillary reconstruction ».
[37] Fernández et al. « Bone grafts utilized in dentistry : an analysis of patients' preferences ».
[38] Güngörmüş et Güngörmüş, « Effect of religious belief on selecting of graft materials used in oral and maxillofacial surgery ».

meilleure ou peut-être seulement une bonne option de traitement. En tant que chirurgiens qui peuvent utiliser ces tissus, nous avons des responsabilités explicites envers nos patients afin de s'assurer que chaque greffe est implantée correctement et que les risques sont minimisés. [39]

1.5.3. Caractéristiques histologiques

L'analyse histologique des sites reconstruits par allogreffe a montré des zones de formation osseuse autour du biomatériau dans lesquelles des ostéocytes étaient fréquemment observés. L'analyse immuno-histo-chimique a montré la présence de marqueurs biologiques souvent associés à la formation active d'os (phosphatase alcaline, ostéocalcine et BMP-2) ce qui confirme que l'environnement biochimique est propice à la régénération osseuse. Les résultats de cette étude démontrent que l'utilisation de blocs allogéniques pour reconstruire un défaut alvéolaire peut être une alternative efficace et avantageuse par rapport à l'autogreffe.[40]

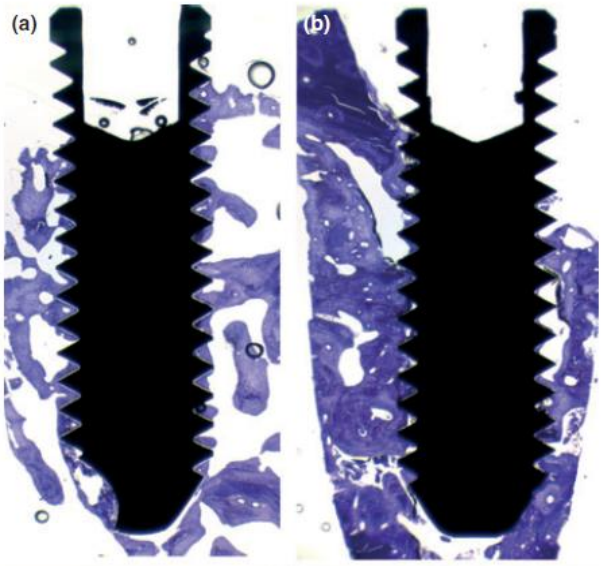
1.5.3.1. Intégration du greffon

Les blocs d'allogreffe ont montré une compatibilité clinique pour les greffes, bien qu'associé à un remodelage lent.
On a observé que les allogreffes présentaient une majorité d'os non remodelé. [41]

L'architecture des blocs d'allogreffe influence significativement son intégration et son remodelage. Les blocs corticaux d'allogreffe semblent montrer une très faible quantité d'os vital alors que les blocs corticaux-spongieux semblent subir plus de résorption dans le temps. [42]

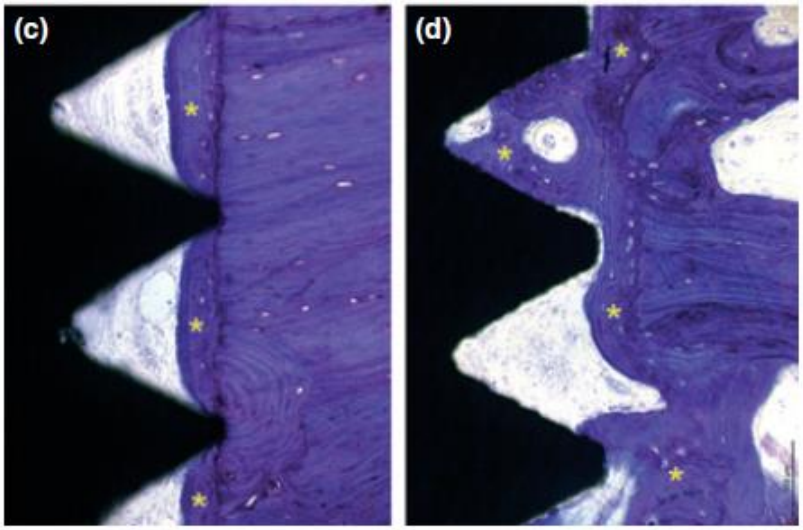
[39] Nicholas, « Ethical considerations in allograft tissue transplantation ».
[40] Jun et Yun, « Three-dimensional bone regeneration of alveolar ridge defects using corticocancellous allogeneic block grafts : histologic and immunohistochemical analysis ».
[41] Deluiz et al., « Histologic and tomographic findings of bone block allografts in a 4 years follow-up : a case series ».
[42] Spin-Neto et al., « Remodeling of cortical and corticocancellous fresh-frozen allogeneic block bone grafts : a radiographic and histomorphometric comparison to autologous bone graft ».

Figure 7 : Coupe histologique de biopsies de mini-implants prélevées sur une crête traitée par allogreffe (a) et une crête traitée par autogreffe (b). Une néo-formation osseuse et un contact os/implant sont observés quel que soit le groupe de traitement.



Source : Spin-Neto et al, « Graft incorporation and implant osseointegration following the use of autologous and fresh-frozen allogeneic block bone grafts for lateral ridge augmentation », 2014

Figure 8 : Coupe histologique de la région médiane de deux mini-biopsies prélevées sur le groupe traité par allogreffe en (c), l'os vital nouvellement formé (*) s'est formé comme une couche relativement mince au-dessus du bloc osseux, et le contact os/implant ne peut être vu qu'aux emplacements des mini-implants, tandis qu'en (d) la formation osseuse (*) et le contact os/implant s'étend à la zone de filetage de l'implant (coloration au bleu de toluidine)



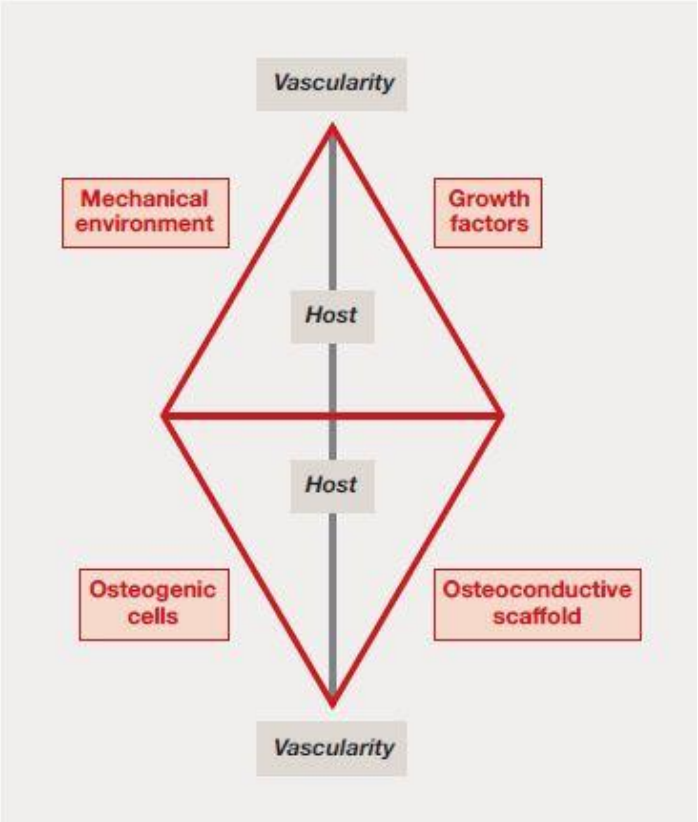
Source : Spin-Neto et al, « Graft incorporation and implant osseointegration following the use of autologous and fresh-frozen allogeneic block bone grafts for lateral ridge augmentation », 2014

Le remodelage retardé de l'allogreffe, mis en évidence par une faible quantité ou l'absence d'ostéoblastes ou ostéoclastes actifs, pourrait avoir une incidence directe sur son application clinique (figures 7 et 8).

L'autogreffe peut être préférée à l'allogreffe en se basant sur les études menées au préalable concernant le suivi des cas pendant 3 à 5 ans.[43] La plupart des articles concluent cela, mais ils n'ont pas assez de recul pour que l'on puisse tirer des conclusions fermes et définitives à partir de ces derniers.

[43] Elakkiya, Ramesh, et Prabhu, « Systematic analysis on the efficacy of bone enhancement methods used for success in dental implants ».

Figure 9 : The diamond concept, illustration des facteurs à prendre en compte pour la réussite de la régénération osseuse



Source : Féron, « Consolidation fracturaire et ostéoporose », 2014

Il n'y a pas de consensus dans la littérature concernant le temps de cicatrisation idéal entre la greffe et la pose de l'implant et il y a de nombreuses variations concernant le taux de résorption.[44]

[44] Deluiz et al., « Histologic and tomographic findings of bone block allografts in a 4 years follow-up : a case series ».

2: Régénération par greffe allogénique 3D

2.1 Greffes allogéniques 3D modélisées par CFAO (Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur)

Comme dans beaucoup d'autres industries, les étapes de production deviennent de plus en plus automatisées en dentisterie, d'où le recours à la technologie de la CFAO. Les nombreux avantages générés par la CFAO comprennent : l'accès à de nouveaux matériaux, pratiquement sans défauts, préfabriqués industriellement et contrôlés, une augmentation de a qualité et de la reproductibilité, ainsi que le stockage de données en rapport avec une chaîne de production standardisée et une amélioration de la précision et de la planification.

Tous les systèmes de CFAO comprennent trois composants :

1 : Un outil de numérisation / scanner qui transforme la géométrie en données numériques qui pourront être traitées par ordinateur

2 : Un logiciel qui traite les données afin de produire un ensemble de données pour le produit à fabriquer

3. Une technologie de production qui transforme l'ensemble de données en produit désiré.[45]

La CFAO a de nombreux domaines d'application : l'aéronautique, les transports, la défense, l'énergie, le milieu médical et dentaire etc...

Aujourd'hui la technologie de la CFAO nous permet de créer des greffes allogènes qui s'adaptent complètement à l'anatomie du défaut osseux avec l'avantage de la réduction du temps opératoire puisqu'il n'y a pas de 2ème site opératoire et qu'il n'y a pas à préformer le greffon. La pièce que l'on reçoit de la banque d'os doit s'adapter parfaitement au défaut.

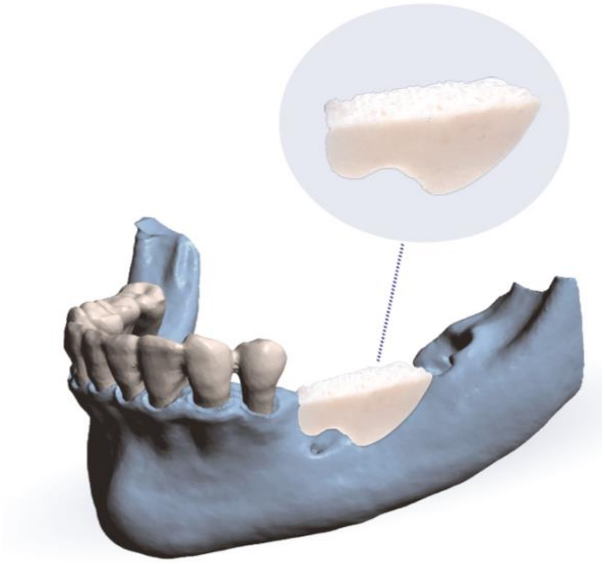
Comme dit précédemment, des taux d'infection élevés ont été signalés suite aux allogreffes. Cette complication est désormais contrôlée par l'utilisation de blocs allogéniques préformés puisque les

[45] Beuer, Schweiger, et Edelhoff, « Digital dentistry : an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations ».

risques de contaminations liés à la manipulation du greffon par le chirurgien, les fraises de façonnage et les fluides oraux du patient sont réduits. [46]

De plus, cette technique permet de minimiser l'espace entre l'os résiduel et le greffon du fait de la bonne adaptation de celui-ci. Ce contact intime entre le greffon et le site receveur favorise la revascularisation du greffon.[47]

Figure 10 : Adaptation du greffon sur-mesure en vue d'une reconstruction d'un défaut en secteur 3 molaire, visible sur un modèle mandibulaire



Source : Biobank

2.2 Plan de traitement

La réalisation d'une greffe d'apposition 3D modélisée par ordinateur comporte plusieurs phases :

1) Anamnèse :

Lors de l'entretien médical on renseignera l'état de santé général du patient, ses antécédents médico-chirurgicaux, allergies, médications, motif de consultation, habitudes de vie (tabac, alcool).

[46] Blume et al., « Treatment of severely resorbed maxilla due to peri-implantitis by guided bone regeneration using a customized allogenic bone block : a case report ».
[47] Blume et al., « Treatment of a bilaterally severely resorbed posterior mandible due to early tooth loss by guided bone regeneration using customized allogeneic bone blocks : a case report with 24 months follow-up data ».

2) Examen clinique :

Pour l'examen clinique on vérifiera l'absence d'adénopathies par la palpation bidigitale et comparative de la mandibule. Une inspection de l'occlusion, des courbes occlusales et du calage sera menée pour pouvoir établir un projet prothétique précis et pérenne. On examinera le parodonte et les muqueuses pour contrôler l'absence de lésions, d'abcès, de signes infectieux. De plus, nous vérifierons la présence de gencive attachée en regard du site où l'on veut implanter. Enfin on fera un examen des dents, des restaurations, des mobilités et leur symptomatologie.

3) Examen radiologique

En complément de cet examen, nous aurons besoin d'un examen radiographique bidimensionnel type orthopantomogramme pour avoir une vue globale de la cavité buccale. Ce cliché nous permettra de vérifier l'absence de foyers infectieux, de caries, de lésions osseuses. Pour confirmer notre diagnostic en cas de suspicion de foyer infectieux sur une ou plusieurs dents on complètera notre examen par des radiographies rétro-alvéolaires (2D).

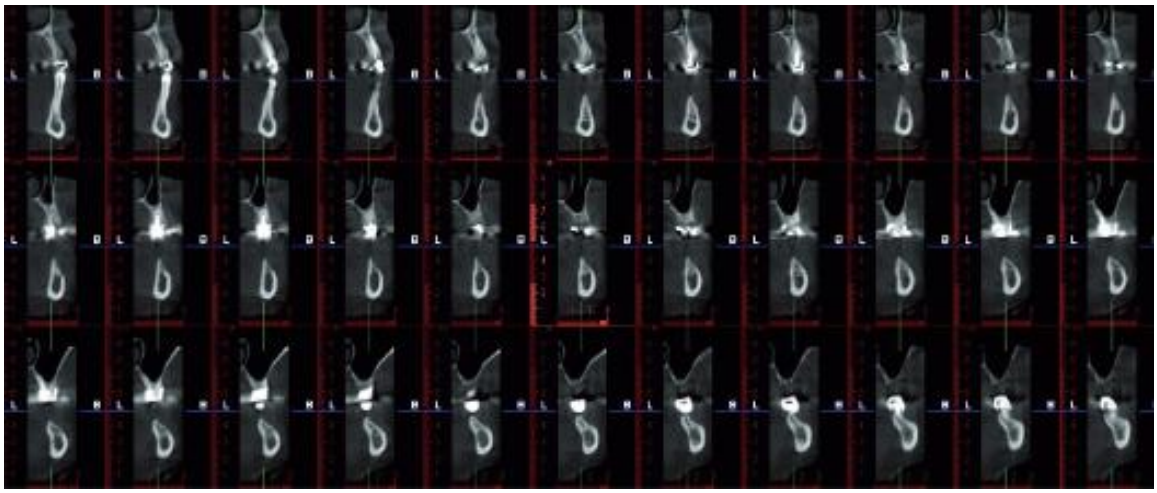
Cependant ces 2 types d'imagerie ont des limites. Elles permettent d'évaluer la hauteur d'os mais pas son épaisseur. Un examen tridimensionnel nous est donc indispensable afin de préparer notre plan de traitement. Il permet également d'évaluer les rapports avec les éléments dentaires adjacents et les obstacles anatomiques.

Cet examen 3D est de type CBCT et doit répondre à ces critères : voltage supérieur ou égal à 90 kV, un champ de 100x100mm, et des voxels de 200 microns.

A partir de celui-ci (figure 11), on évaluera les composantes de la perte osseuse (composante horizontale et/ou verticale), la sévérité du défaut et les rapports avec les structures voisines.
De plus, à partir de ces données radiographiques, nous allons pouvoir planifier et concevoir sur mesure le greffon.
Nous devons adresser à la banque d'os la prescription médicale nominative reçue au préalable ainsi qu'un CD-ROM contenant les images DICOM du patient par mail ou voie postale. Une segmentation-modélisation 3D du CBCT est d'abord réalisée à partir des images Dicom. Les coupes sont traitées par un logiciel spécifique dans le but de segmenter et distinguer les différents éléments anatomiques selon les niveaux de gris. [48] [49]

[48] Moret et al., « Greffons osseux d'apposition allogéniques BioBank « modélisés » 3D : à propos de deux cas ».
[49] Blume et al., « Treatment of a bilaterally severely resorbed posterior mandible due to early tooth loss by guided bone regeneration using customized allogeneic bone blocks : a case report with 24 months follow-up data ».

Figure 11 : CBCT pré-opératoire pour la caractérisation trisimensionnelle de l'atrophie osseuse et la planification des greffons



Source : Moret, « Greffons osseux d'apposition allogéniques BioBank «modélisés» 3D », 2016

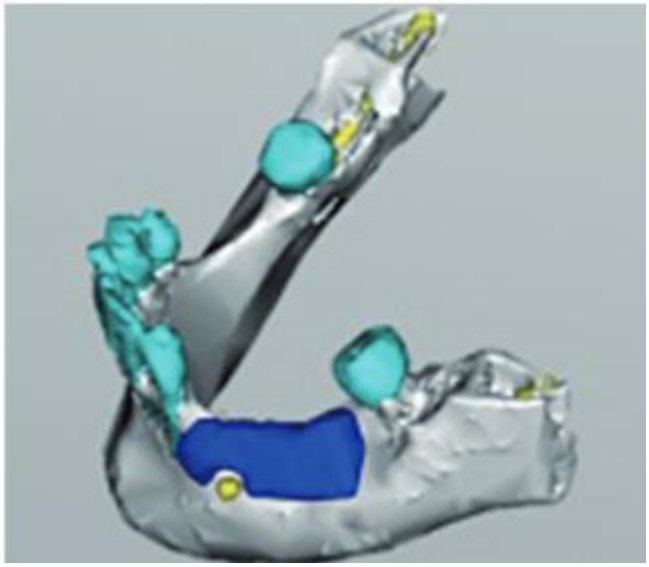
Un greffon osseux cortico-spongieux est ensuite importé virtuellement et apposé sur la zone de greffe. Grâce aux outils graphiques, le greffon est adapté : positionnement, forme et dimensions. L'intrados correspondant parfaitement à la géométrie de la zone greffée.[50]
Le logiciel de planification permet donc à l'opérateur de reconstruire virtuellement le défaut alvéolaire, en dessinant une pièce adaptée anatomiquement (figure 12).

La planification virtuelle est envoyée au chirurgien-dentiste par mail (en fichier STL) ainsi que le modèle en résine du patient pour permettre au praticien de modeler les greffons en silicone. Le format STL (Standard Tessellation Language) est un format de fichier pour l'impression 3D. Il est utilisé pour stocker des ensembles de mailles incolores.

Après validation du projet de reconstruction, on le renvoie à la banque d'os. Ces fichiers (greffons en silicone et projet virtuel) sont utilisés par les machines de FAO pour fabriquer ce qui a été crée virtuellement (figure 13).

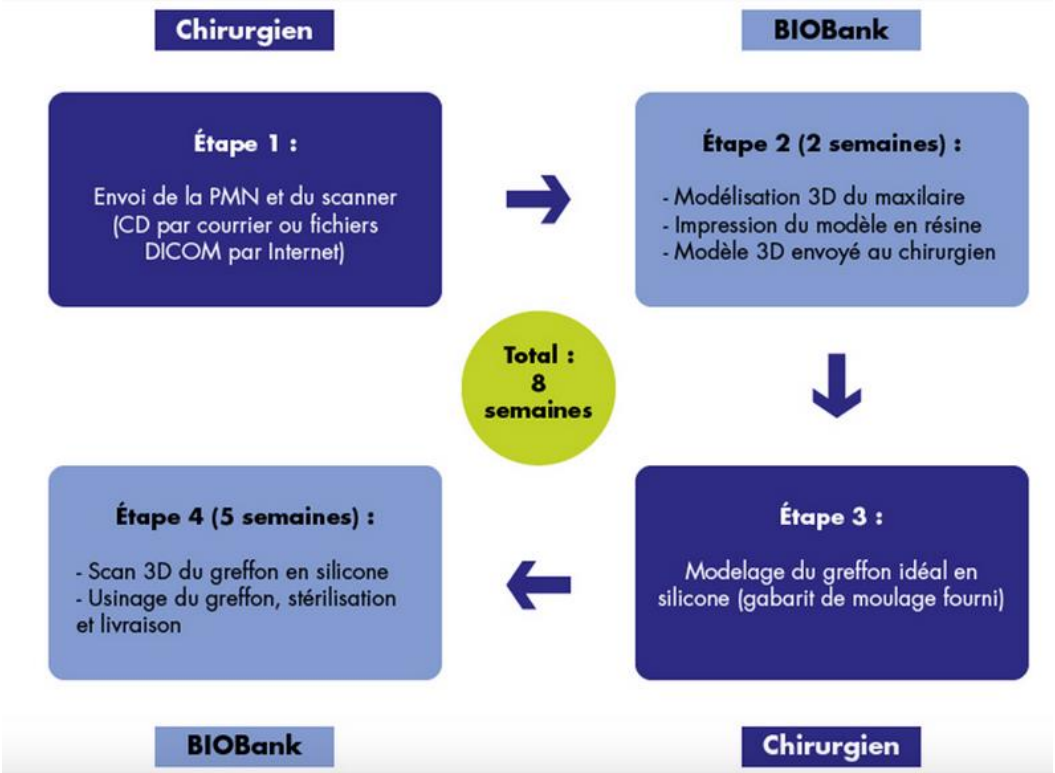
[50] Moret et al., « Greffons osseux d'apposition allogéniques BioBank « modélisés » 3D : à propos de deux cas ».

Figure 12 : Modélisation du greffon à partir des fichiers Dicom du patient, en fonction de la hauteur et de l'épaisseur d'os initial et en tenant compte des obstacles anatomiques



Source : Moret, « Greffons osseux d'apposition allogéniques BioBank «modélisés» 3D », 2016

Figure 13 : Schéma de la chronologie de réalisation des greffons sur-mesure, rôles du praticien et de la banque d'os



Source : Biobank

L'étape suivante prévoit la fabrication de la pièce. Le bloc osseux est donc façonné par une machine de fraisage à 4 ou 5 axes (figure 14).

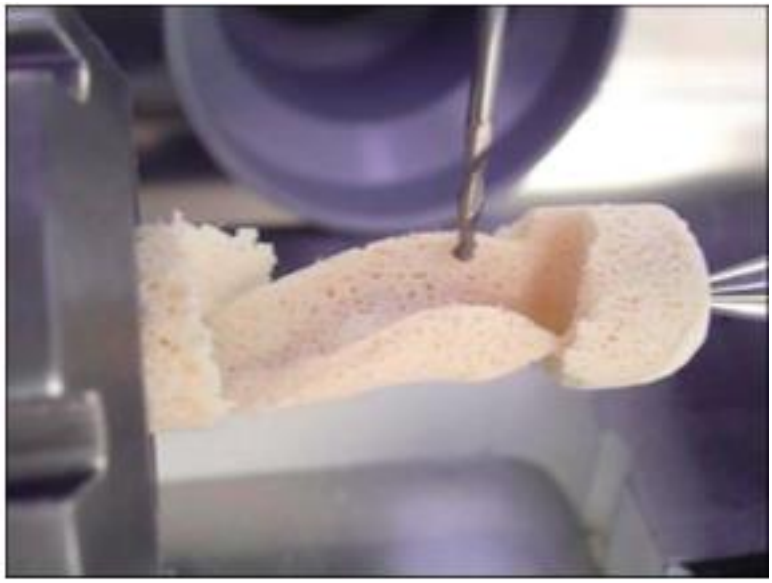
Figure 14 : Usineuse FAO permettant la réalisation du greffon sur-mesure à partir d'un bloc cortico-spongieux ou spongieux

Source : 3Dcelo, 2018

A l'aide de curseurs, le bloc parallélépipède est placé sur la surface osseuse qui va recevoir la greffe. Quand le positionnement du bloc virtuel est correct, le bloc peut être fixé à la surface osseuse. Par ce processus, l'ordinateur calcule la surface de contact entre l'os et le greffon et retire automatiquement les excès. Le bloc change de couleur et est étroitement intégré à l'os. L'étape suivante est le modelage de la surface externe du greffon virtuel en utilisant un outil qui permet d'éliminer ou rajouter du matériau si besoin (figure 15). A la fin du modelage, la greffe créée peut être vue et la pose d'implant peut être simulée pour évaluer si le volume augmenté est satisfaisant.[51]

[51] Mangano et al., « Maxillary ridge augmentation with custom-made CAD/CAM scaffolds : a 1-year prospective study on 10 patients ».

Figure 15 : Processus d'usinage d'un bloc allogénique par usineuse FAO à partir des données transmises par le logiciel de CAO



Source : Markus Schlee, « Ridge augmentation using customized allogenic bone blocks: proof of concept and histological findings », 2013

La pièce osseuse est envoyée dans un double sachet stérile, stérilisée par rayons gamma, accompagnée d'un duplicata en résine, à la demande du chirurgien, afin de contrôler l'adaptation du greffon pendant la chirurgie.

3 : Case report

3.1 Présentation du patient

Monsieur C., âgé de 38 ans, se présente en consultation en 2016 pour une réhabilitation prothétique fixe des secteurs antérieurs mandibulaire et maxillaire.

Il est en bonne santé générale, ne présente pas d'allergie et ne prend aucun médicament.
Il présente deux édentements de classe IV (édentements allant de 33 à 43 et de 13 à 23). Il porte deux prothèses amovibles partielles (PAP). Dans cette partie nous ne traiterons que de la réhabilitation mandibulaire.

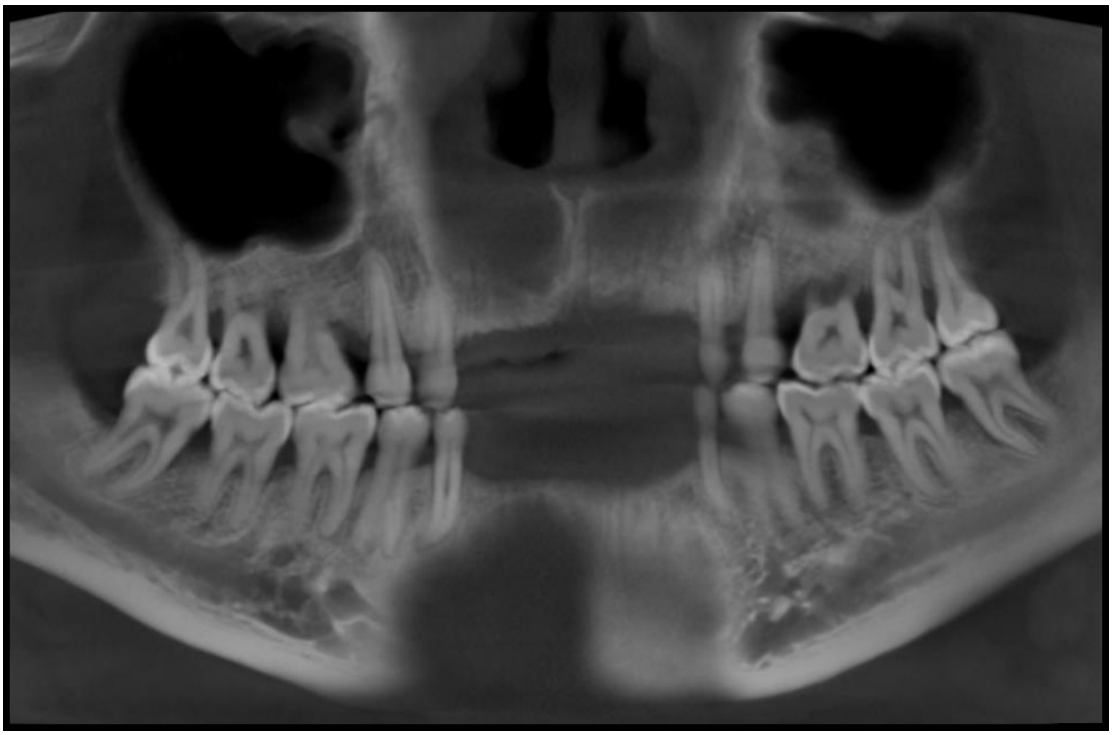
A l'examen endo-buccal la résorption de la crête antérieure mandibulaire est appréciable ainsi que la présence de gencive attachée, favorable à l'implantation. On note l'absence de frein labial inférieur, facteur favorable pour la gestion des tissus mous recouvrant le greffon (figure 16).

Figures 16 : Vue endobuccale mettant en exergue la finesse de la crête mandibulaire

Source : Dr Sahnoune

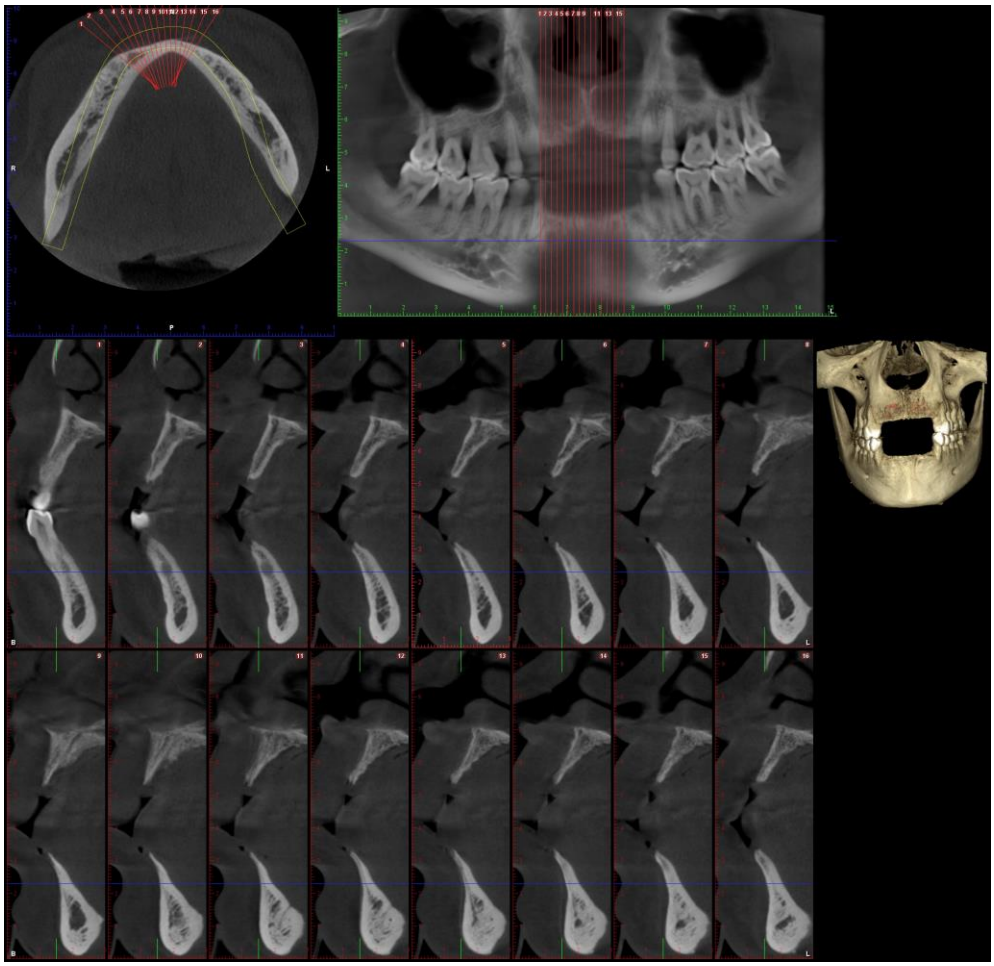
La radiographie panoramique du patient montre l'alvéolyse horizontale maxillaire et mandibulaire qui atteint le 1/3 radiculaire de 14, 24, 34 44 qui bordent l'édentement (figure 16).
Le CBCT préopératoire du patient met en évidence au niveau mandibulaire une perte osseuse horizontale que l'on pourrait placer dans la classe IV de la classification de Cawood et Howell (forme de crête en lame de couteau, de hauteur adéquate et de largeur insuffisante) (figure 17).

Figure 17 : Coupe panoramique issue du CBCT pré-opératoire



Source : Dr Sahnoune

Figure 18 : CBCT préopératoire du patient montrant la résorption qui a eu lieu au maxillaire comme à la mandibule



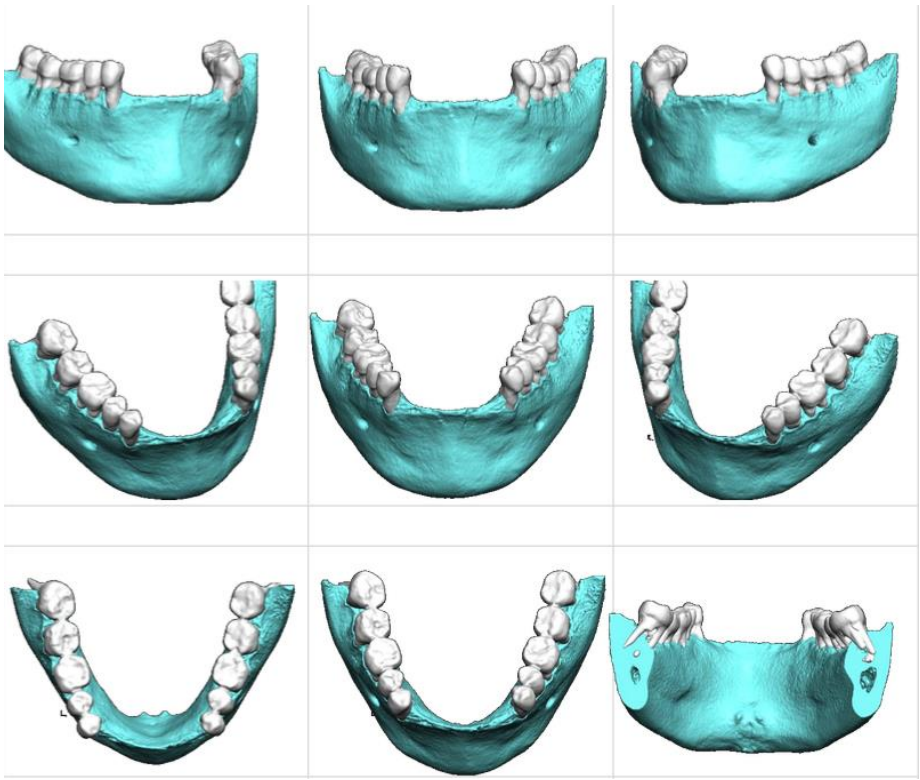
Source : Dr Sahnoune

Compte tenu des données cliniques et radiographiques, le plan de traitement proposé consiste en la régénération du défaut osseux par 2 greffes allogéniques bilatérales modélisées par ordinateur.
Après intégration des greffons, la pose de 3 implants en position de 33, 41 et 43 est envisagée pour la réalisation d'un bridge de 6 éléments implanto-porté.
Le suivi permettra d'évaluer la réussite du traitement dans le temps.

3.1.1. Modélisation des greffons allogéniques

1 semaine après l'envoi à la banque d'os (Biobank) des fichiers DICOM issus du CBCT du patient, une fiche initiale permettant la planification des deux greffons souhaités a été reçue. (figure 19).

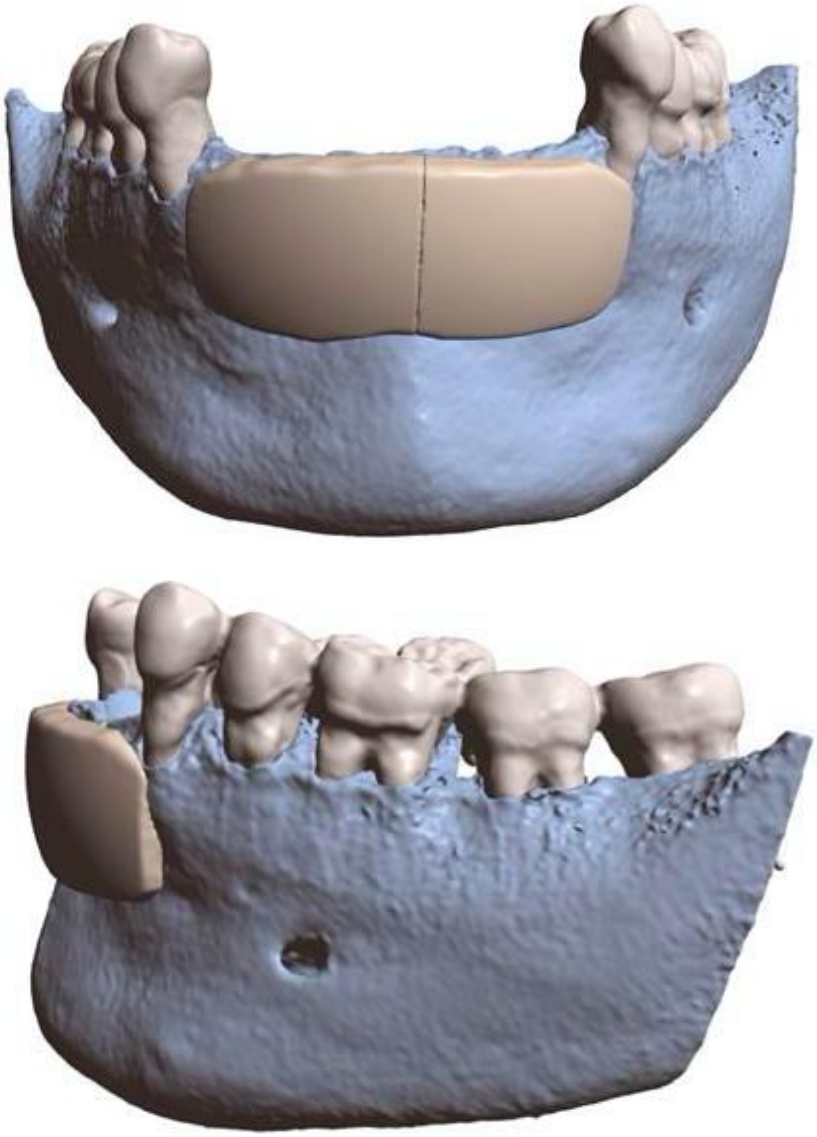
Figure 19 : Modèle mandibulaire informatique à compléter par le praticien afin de modéliser les greffons



Source : Dr Sahnoune

Suite à cette prescription, la banque a renvoyé au praticien la modélisation 3D des futurs greffons pour validation. La fabrication de la pièce a été lancée et a été envoyée accompagnée d'une réplique en résine qui permettra au chirurgien de vérifier l'adaptation du greffon en per-opératoire.

Figure 20 : Modélisation 3D des greffons allogéniques par la banque d'os, d'après le modèle informatique complété par le praticien



Source : Dr Sahnoune

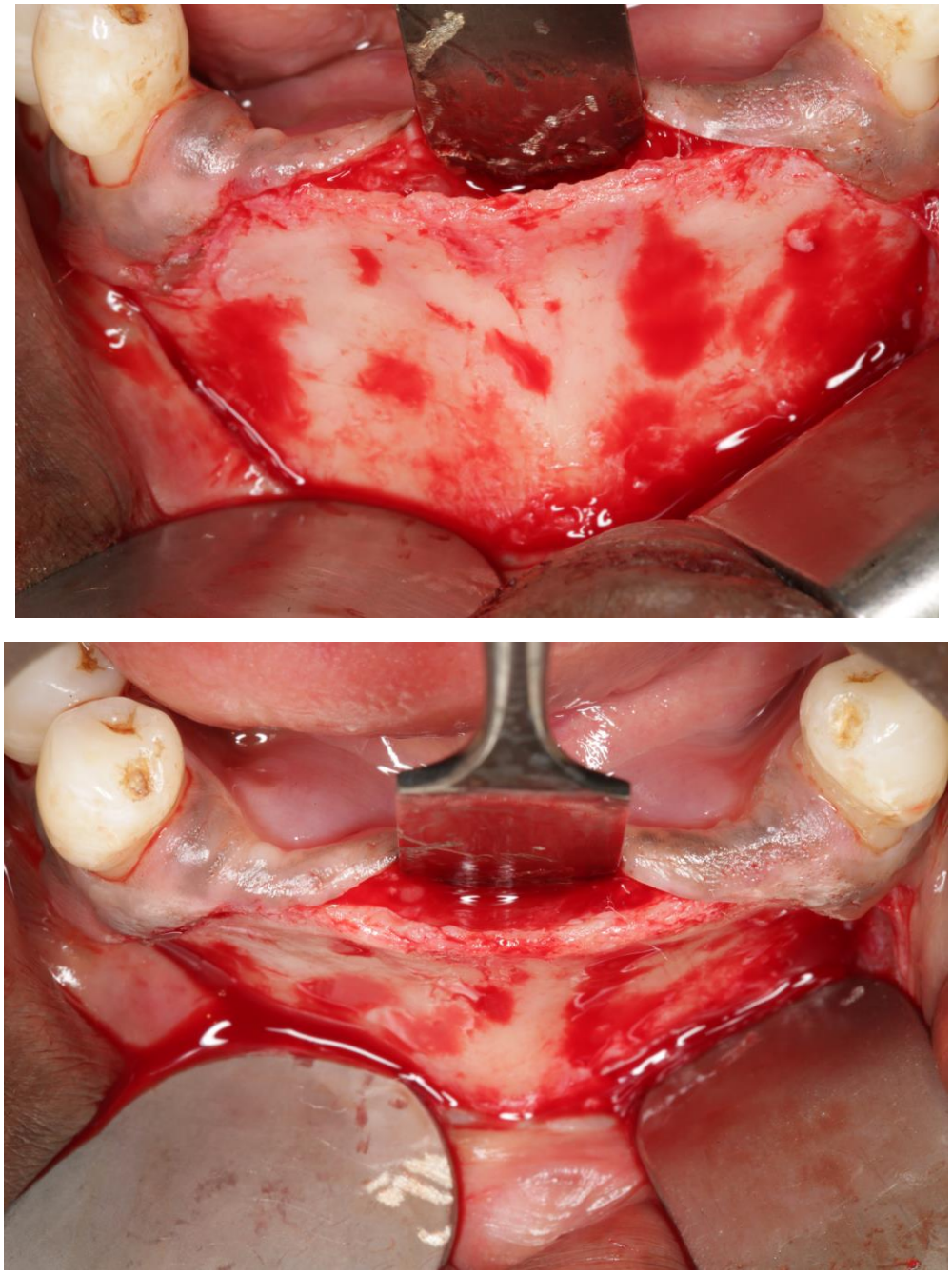
3.2. Intervention chirurgicale

L'intervention a été précédée par une prémédication antibiotique (amoxicilline 2g/jour pendant 7 jours commencé la veille de l'intervention). Après désinfection de la zone péribuccale et de la cavité orale par bétadine, l'analgésie de la région mentonnière allant de 44 à 34 a été obtenue par injection locorégionale en vestibulaire et linguale d'articaïne avec vasoconstricteurs.

Un lambeau trapézoïdal de pleine épaisseur a été réalisé et décollé, découvrant toute la crête alvéolaire sous-jacente. Il se compose d'un trait longitudinale crestal qui se poursuit en mésial et en

distal en deux incisions obliques de décharge dépassant la ligne mucogingivale pour favoriser la laxité des tissus et la préservation des papilles.

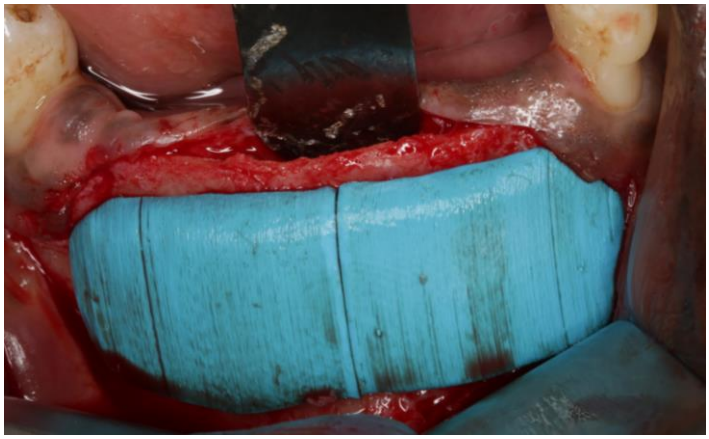
Figure 21 : Crête osseuse visible après décollement d'un lambeau sous-périosté avec préservation des papilles par des décharges à distance de celles-ci

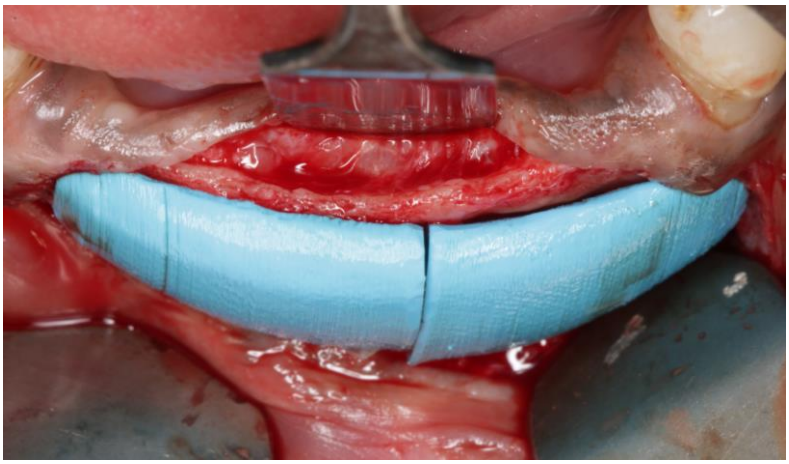


Source : Dr Sahnoune

Une fois le site opératoire préparé, les répliques des greffons ont été essayées et l'adaptation vérifiée.

Figure 22 : Essai des répliques du greffon en résine pour permettre au praticien de visualiser les retouches qu'il faudra faire sur le greffon, dans le but de limiter au maximum la manipulation de ce dernier





Source : Dr Sahnoune

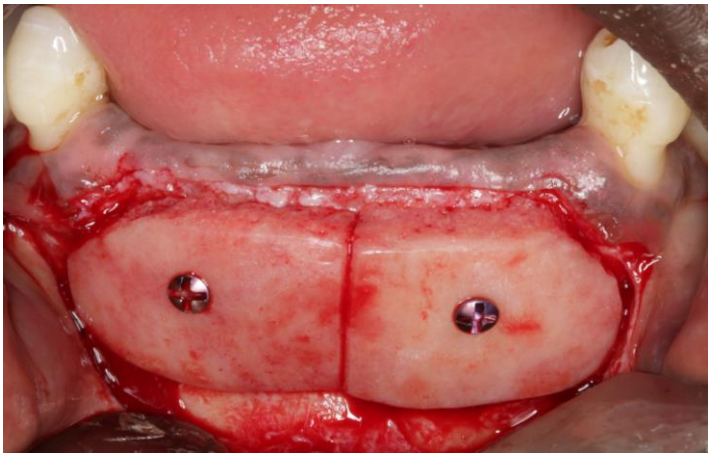
Les bords agressifs du greffon ont été arrondis pour minimiser le risque de perforation de la muqueuse lors de la cicatrisation.

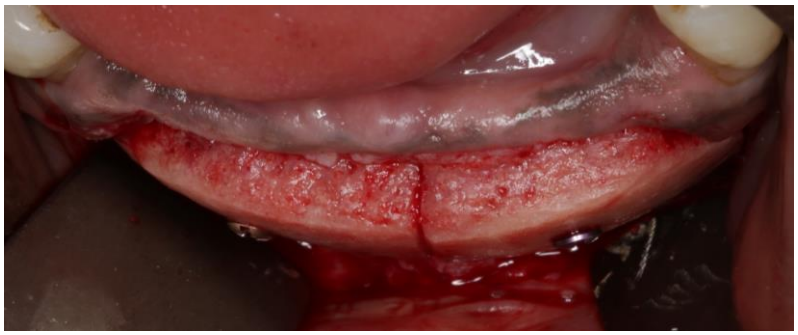
Avant d'être mis en place, les greffons ont été réhydratés avec l'I-PRF (Injectable Platelet Rich Fibrin) (protocole préconisé par l'équipe de chirurgie orale du SSERD de l'hôpital Henri Mondor). Cette étape est nécessaire pour que les blocs d'os retrouvent leur élasticité initiale, perdue lors du processus de stérilisation. De plus cette étape permet d'éliminer toutes les bulles d'air piégées dans les trabéculations du tissu spongieux.

Les greffons ont donc été stabilisés grâce à des vis d'ostéosynthèse afin d'obtenir un contact intime

de la surface interne du bloc avec le lit receveur (figure 23).[52]

Figure 23 : Fixation des deux greffons par une vis d'ostéosynthèse centrale par bloc. Leur rotation est empêchée par leur positionnement, les greffons sont parfaitement stables



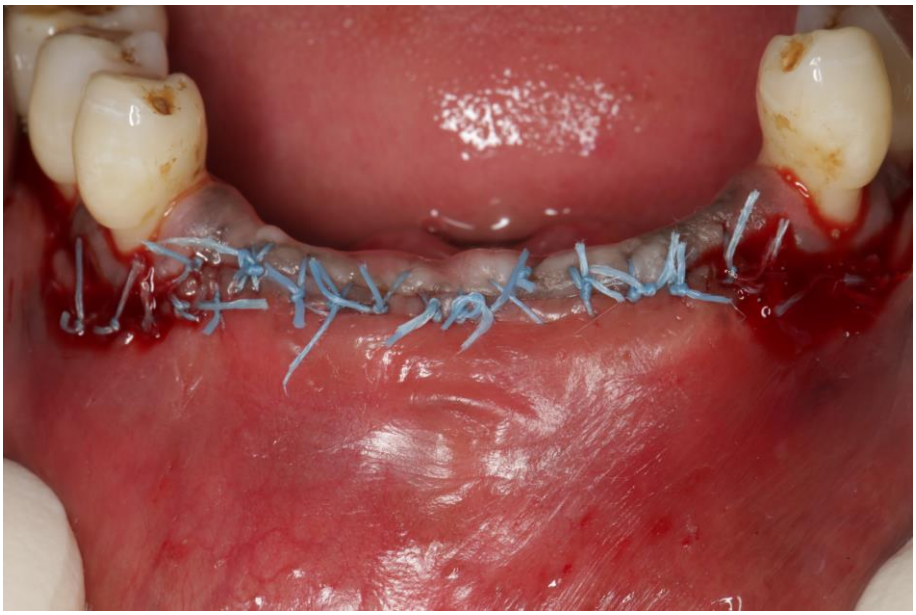


Source : Dr Sahnoune

Une fois que la laxité du lambeau a été obtenue par réalisation d'incisions périostées, celui-ci a été repositionné avec des sutures hermétiques et sans tension (ETHIBOND 4.0).

[52] Proussaefs et al., « The use of ramus autogenous block grafts for vertical alveolar ridge augmentation and implant placement ».

Figure 24 : Fermeture du site opératoire par des sutures hermétiques, une série de points en O et en croix.



Source : Dr Sahnoune

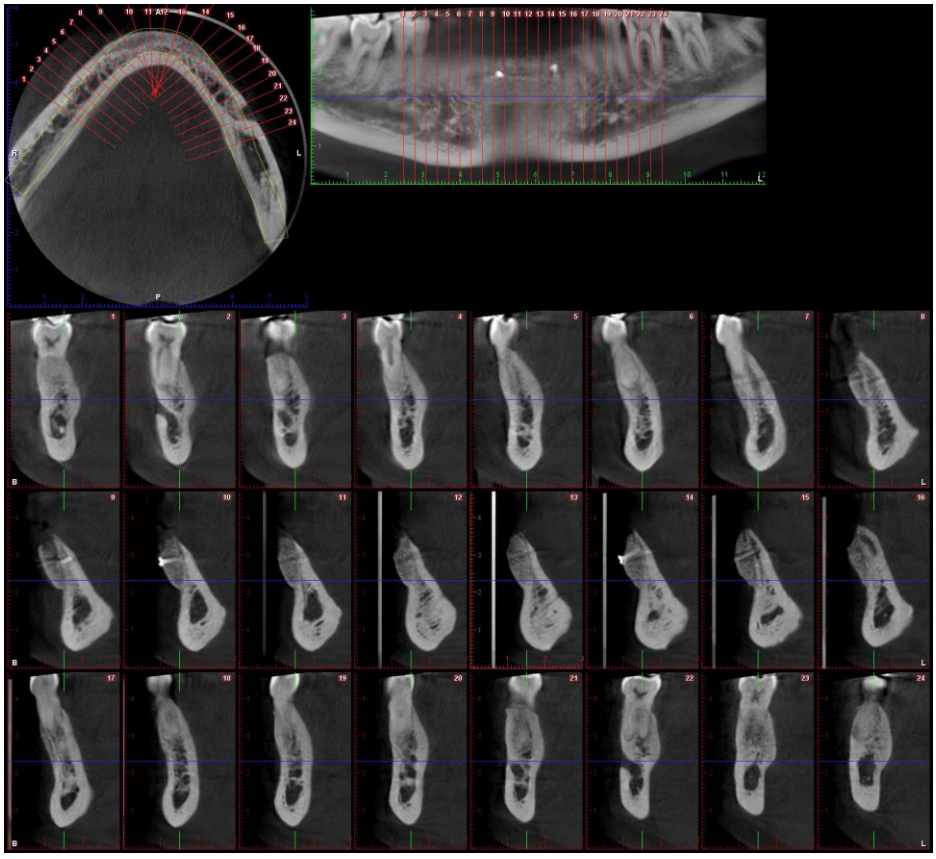
L'examen clinique réalisé à 6 mois post-opératoire a montré la cicatrisation complète des tissus mous, la visibilité par transparence des vis d'ostéosynthèse ainsi que la persistance de gencive kératinisée (figure 25).

Figure 25 : Cicatrisation muqueuse complète du site opératoire à 6 mois avec maintien de la gencive kératinisée

Source : Dr Sahnoune

Le CBCT a mis en évidence un maintien du volume osseux greffé et une intégration satisfaisante des greffons pour la pose des implants et la finalisation de la prothèse fixe implanto-portée (figure 26).

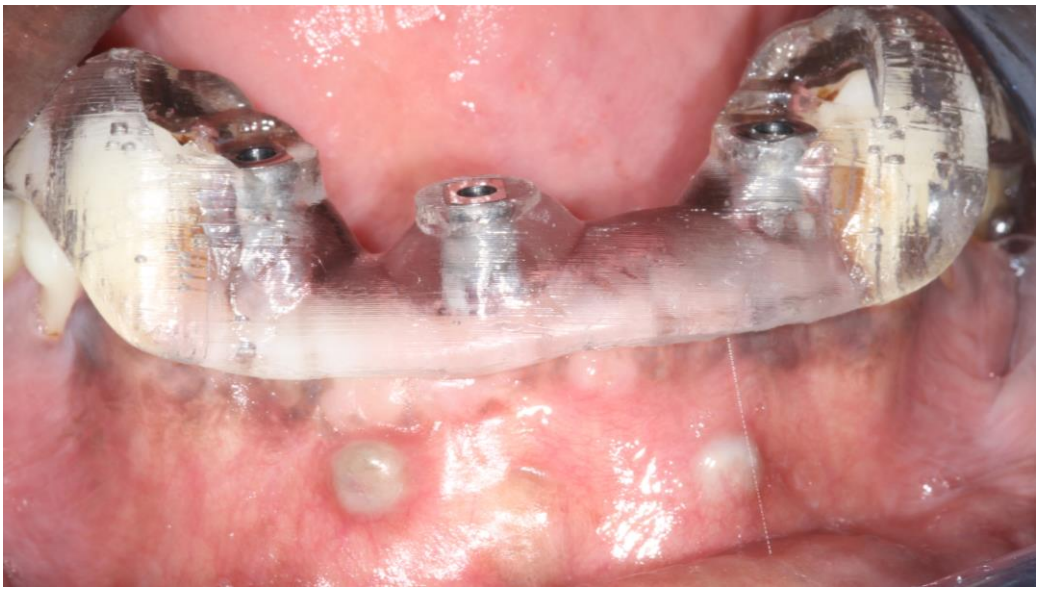
Figure 26 : CBCT à 6 mois postopératoire soulignant le maintien du niveau osseux global (visible par rapport à la tête de vis d'ostéosynthèse)



Source : Dr Sahnoune

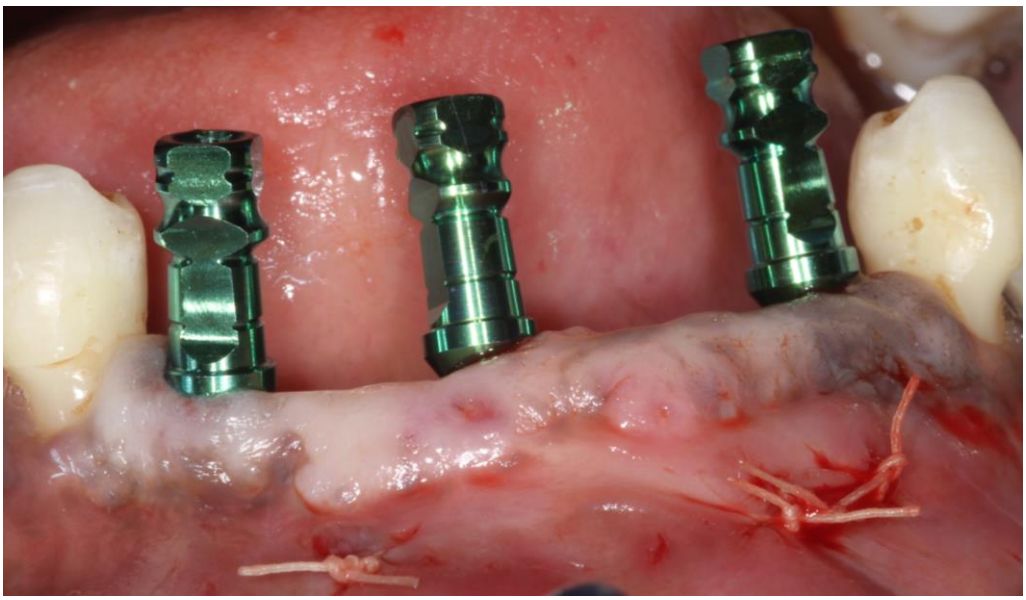
14 mois après la greffe, trois implants ont été placés (planification via un guide chirurgical NobelGuide)

Figure 27 : Pose des implants après planification via NobelGuide (guide chirurgical) permettant d'obtenir des axes implantaires idéaux pour la prothèse



Source : Dr Sahnoune

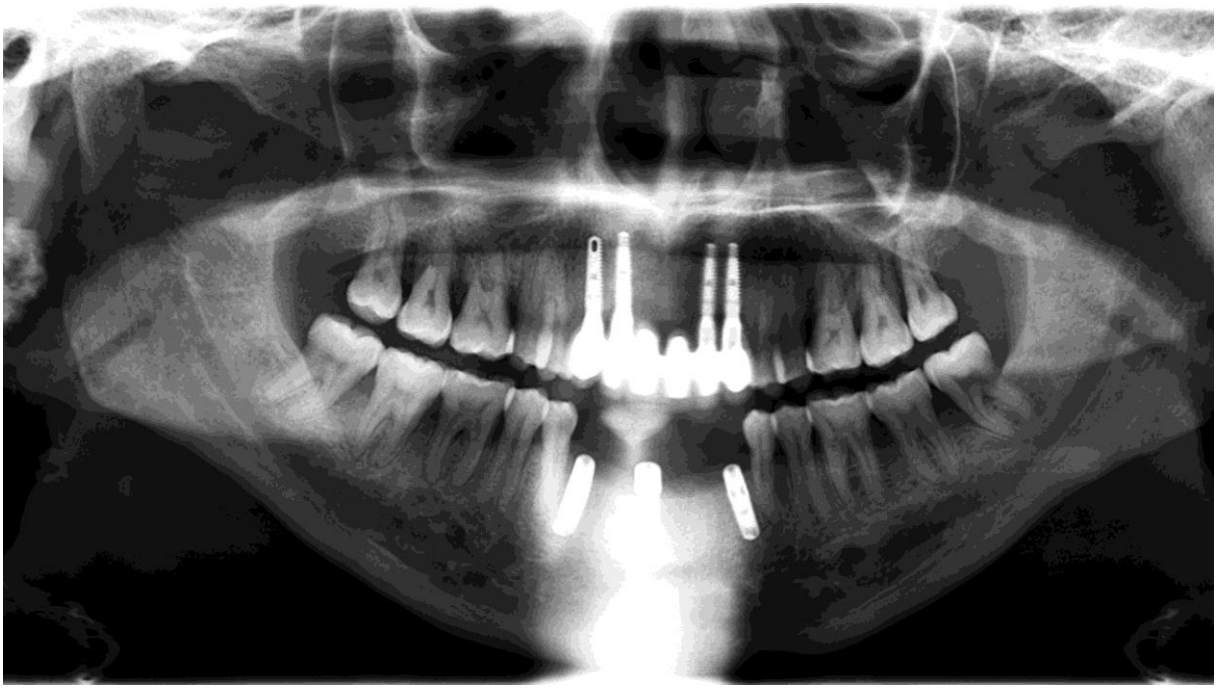
Figure 28 : Visibilité des porte-implants, objectivant les axes des implants, parallèles les uns aux autres



Source : Dr Sahnoune

A la fin de l'intervention une radiographie 2D panoramique de contrôle a été réalisée, qui a mis en évidence un axe implantaire satisfaisant et le respect des structures adjacentes (figure 29).

Figure 29 : Panoramique de contrôle après la pose des 3 implants mandibulaires. Ils respectent les dents adjacentes et les obstacles anatomiques



Source : Dr Sahnoune

Enfin, après ostéo-intégration des implants, le projet prothétique initial a pu être finalisé (figures 30 et 31).

Figure 30 : Résultat prothétique final en bouche semi-ouverte

Source : Dr Sahnoune

Figure 31 : Bridge implanto-porté mandibulaire de 6 éléments sur 3 implants

Source : Dr Sahnoune

Conclusion

De nos jours, la dentisterie moderne n'est plus envisageable sans le recours à l'implantologie. Avec la place grandissante qu'ont pris les implants, les techniques de régénération osseuse se développent de plus en plus. En effet, dans les cas de défauts osseux modérés à sévères, la reconstruction pré-implantaire peut s'avérer délicate.

L'utilisation de greffes osseuses autologues est considérée comme le gold standard pour la reconstruction des ces défauts en raison de leurs propriétés ostéo-inductives, ostéoconductrices et ostéogéniques. Cependant, l'autogreffe présente des limites et inconvénients qui nous ont poussé à nous tourner vers d'autres techniques qui ont fait leurs preuves comme l'allogreffe. Les greffes osseuses allogéniques sont récemment devenues populaires en tant qu'alternative à l'autogreffe, souvent controversée.

Les allogreffes sont convaincantes non seulement par leur faible taux d'échec et leur biocompatibilité, mais présentent également un faible taux de résorption et un taux de survie implantaire élevé.

Nous rencontrons de nombreux avantages lorsque les blocs osseux allogéniques sont préformés par CFAO : en effet, l'absence de façonnage au fauteuil entraîne une diminution du temps opératoire et un contrôle de la contamination liée à la manipulation du greffon par le chirurgien, les fraises de façonnage et les fluides oraux du patient. De plus, cette technique comporte une réduction du traumatisme du patient, un support illimité pour la reconstruction, une absence de morbidité du site donneur, une bonne stabilité et adaptation du greffon qui favorisent sa revascularisation.

En conclusion, malgré le manque de données concernant le suivi longitudinal sur le long terme dans la reconstruction des défauts osseux par des allogreffes modélisées par CFAO, les études dont nous disposons indiquent des résultats favorables à court terme, et cette technique peut être considérée comme une alternative fiable aux procédures de régénération osseuse conventionnelles.

Bibliographie

Ahmadi, R. S., F. Sayar, V. Rakhshan, B Iranpour, J. Jahanbani, A. Toumaj, et N. Akhoondi. « Clinical and histomorphometric assessment of lateral alveolar ridge augmentation using a corticocancellous freeze-dried allograft bone block ». *The journal of oral implantology* 43, n° 3 (2017): 202- 10. https://doi.org/10.1563/aaid-joi-D-16-00042.

Al-Nawas, B., et E. Schiegnitz. « Augmentation procedures using bone substitute materials or autogenous bone : a systematic review and meta-analysis ». *European journal of oral implantology* 7, n° Suppl. 2 (2014): S219-234.

Antoun, H., M. Karouni, et B. Sojod. « La régénération osseuse guidée : résultats, limites et perspectives ». *Actualités odonto-stomatologiques*, n° 261 (2013): 11- 21. https://doi.org/10.1051/aos/2013103.

Antoun, H., et B. Sojod. « Greffe osseuse en bloc ». In *Parodontologie & dentisterie implantaire. Volume 2, Thérapeutiques chirurgicales*, par P. Bouchard, 386- 99. Paris : Lavoisier Médecine Sciences, 2015.

Audran, M., B. Guillaume, et D. Chappard. *Tissu osseux et biomatériaux en chirurgie dentaire*. Paris : Quintessence international, 2014.

Beuer, F., J. Schweiger, et D. Edelhoff. « Digital dentistry : an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations ». *British dental journal* 204, n° 9 (2008): 505- 11. https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2008.350.

Blume, O., M. Back, T. Born, R. Smeets, O. Jung, et M. Barbeck. « Treatment of a bilaterally severely resorbed posterior mandible due to early tooth loss by guided bone regeneration using customized allogeneic bone blocks : a case report with 24 months follow-up data ». *Journal of esthetic and restorative dentistry*, 2018. https://doi.org/10.1111/jerd.12388.

Blume, O., L. Hoffmann, P. Donkiewicz, S. Wenisch, et M. Back. « Treatment of severely resorbed maxilla due to peri-implantitis by guided bone regeneration using a customized allogenic bone block : a case report ». *Materials* 10, n° 10 (2017): 1213. https://doi.org/10.3390/ma10101213.

Boyce, T., J. Edwards, et N. Scarborough. « Allograft bone : the influence of processing on safety and performance ». *The orthopedic clinics of North America* 30, n° 4 (1999): 571- 81.

Cawood, J. I., et R. A. Howell. « A classification of the edentulous jaws ». *International journal of oral and maxillofacial surgery* 17, n° 4 (1988): 232- 36.

Chapelain, R. « Greffes osseuses autogènes : prélèvement rétromolaire mandibulaire ». Mémoire du certificat d'étude et de recherche approfondies en implantologie orale, Société française des biomatériaux et systèmes implantables, 2016. https://www.sfbsi.com/wp-content/uploads/2017/06/MEMOIRE-DR-CHAPELAIN.pdf.

Chaushu, G., O. Mardinger, M. Peleg, O. Ghelfan, et J. Nissan. « Analysis of complications following augmentation with cancellous block allografts ». *Journal of periodontology* 81, nº 12 (2010): 1759- 64. https://doi.org/10.1902/jop.2010.100235.

Deluiz, D., L. S. Oliveira, P. Fletcher, F. R. Pires, J. M. Tinoco, et E. M. B. Tinoco. « Histologic and tomographic findings of bone block allografts in a 4 years follow-up : a case series ». *Brazilian dental journal* 27, nº 6 (2016): 775- 80. https://doi.org/10.1590/0103-6440201601100.

Dimitriou, R., E. Jones, D. McGonagle, et P.V. Giannoudis. « Bone regeneration: current concepts and future directions ». *BMC Medicine* 9, nº 1 (2011): 66. https://doi.org/10.1186/1741-7015-9-66.

Elakkiya, S., A. S. Ramesh, et K. Prabhu. « Systematic analysis on the efficacy of bone enhancement methods used for success in dental implants ». *Journal of indian prosthodontic society* 17, nº 3 (2017): 219- 25. https://doi.org/10.4103/jips.jips_19_17.

Esposito, M., M. G. Grusovin, P. Coulthard, et H. V. Worthington. « The efficacy of various bone augmentation procedures for dental implants : a Cochrane systematic review of randomized controlled clinical trials ». *The international journal of oral & maxillofacial implants* 21, nº 5 (2006): 696- 710.

Esposito, M., M. G. Grusovin, P. Felice, G. Karatzopoulos, H. V. Worthington, et P. Coulthard. « Interventions for replacing missing teeth : horizontal and vertical bone augmentation techniques for dental implant treatment ». *The Cochrane database of systematic reviews*, nº 4 (2009): CD003607. https://doi.org/10.1002/14651858.CD003607.pub4.

Fernández, R. F., C. Bucchi, P. Navarro, V. Beltrán, et E. Borie. « Bone grafts utilized in dentistry : an analysis of patients' preferences ». *BMC Medical ethics* 16, nº 1 (2015): 71.
https://doi.org/10.1186/s12910-015-0044-6.

Frayssinet, P., N. Rouquet, D. Mathon, A. Autefage, et J. Fages. « Histological integration of allogeneic cancellous bone tissue treated by supercritical CO2 implanted in sheep bones ». *Biomaterials* 19, nº 24 (1998): 2247- 53.

Güngörmüş, Z., et M. Güngörmüş. « Effect of religious belief on selecting of graft materials used in oral and maxillofacial surgery ». *Journal of oral and maxillofacial surgery* 75, nº 11 (2017): 2347- 53. https://doi.org/10.1016/j.joms.2017.07.160.

Hasan, A., B. Byambaa, M. Morshed, M. I. Cheikh, et R. A. Shakoor. « Advances in osteobiologic materials for bone substitutes ». *Journal of tissue engineering and regenerative medicine* 12, n° 6 (2018): 1448- 68. https://doi.org/10.1002/term.2677.

Jabbour, M., et S. Milliez. « Augmentations osseuses pré-implantaires en apposition horizontale avec des blocs d'os allogénique ». *Journal de parodontologie & d'implantologie orale* 35, n° 2 (2016): 127- 43.

Jacotti, M., C. Barausse, et P. Felice. « Posterior atrophic mandible rehabilitation with onlay allograft created with CAD-CAM procedure : a case report ». *Implant dentistry* 23, n° 1 (2014): 22- 28. https://doi.org/10.1097/ID.0000000000000023.

Jun, C.-M., et J.-H. Yun. « Three-dimensional bone regeneration of alveolar ridge defects using corticocancellous allogeneic block grafts : histologic and immunohistochemical analysis ». *The international journal of periodontics & restorative dentistry* 36, n° 1 (2016): 75- 81. https://doi.org/10.11607/prd.1950.

Keith, J. D., P. Petrungaro, J. A. Leonetti, C. W. Elwell, et K. J. Zeren. « Clinical and histologic evaluation of a mineralized block allograft : results from the developmental period (2001-2004) ». *The international journal of periodontics & restorative dentistry* 26, n° 4 (2006): 321- 27.

Mangano, F., A. Macchi, J. A. Shibli, G. Luongo, G. Iezzi, A. Piattelli, A. Caprioglio, et C. Mangano. « Maxillary ridge augmentation with custom-made CAD/CAM scaffolds : a 1-year prospective study on 10 patients ». *The journal of oral implantology* 40, n° 5 (2014): 561- 69.
https://doi.org/10.1563/AAID-JOI-D-12-00122.

Monje, A., M. A. Pikos, H.-L. Chan, F. Suarez, et J. Gargallo-Albiol. « On the feasibility of utilizing allogeneic bone blocks for atrophic maxillary augmentation ». *BioMed research international* 2014 (2014): 814578. https://doi.org/10.1155/2014/814578.

Moret, M., M. Canonica, E. Henriot, T. Piral, et G. Princ. « Greffons osseux d'apposition allogéniques BioBank « modélisés » 3D : à propos de deux cas ». *I.D. L'information dentaire* 98, n° 5 (2016): 7.

Motamedian, S. R., M. Khojaste, et A. Khojasteh. « Success rate of implants placed in autogenous bone blocks versus allogenic bone blocks : a systematic literature review ». *Annals of maxillofacial surgery* 6, n° 1 (2016): 78- 90. https://doi.org/10.4103/2231-0746.186143.

Nicholas, R. « Ethical considerations in allograft tissue transplantation: a surgeon's perspective ». *Clinical Orthopaedics and Related Research*, n° 435 (2005): 11- 16.

Nissan, J., O. Mardinger, S. Calderon, G. E. Romanos, et G. Chaushu. « Cancellous bone block allografts for the augmentation of the anterior atrophic maxilla ». *Clinical Implant Dentistry and Related Research* 13, n° 2 (2011): 104- 11. https://doi.org/10.1111/j.1708-8208.2009.00193.x.

Precheur, H. V. « Bone graft materials ». *Dental clinics of North America* 51, n° 3 (2007): 729- 46, viii. https://doi.org/10.1016/j.cden.2007.03.004.

Proussaefs, P., J. Lozada, A. Kleinman, et M. D. Rohrer. « The use of ramus autogenous block grafts for vertical alveolar ridge augmentation and implant placement: a pilot study ». *The international journal of oral & maxillofacial implants* 17, n° 2 (2002): 238- 48.

Sebbag, P., et P. Missika. « Les matériaux de comblement : classification et propriétés ». *Implant : chirurgie prothèse* 1, n° 3 (1995): 217- 33.

Spin-Neto, R., R. A. Landazuri Del Barrio, L. A. V. D. Pereira, R. A. C. Marcantonio, et E. Marcantonio. « Clinical similarities and histological diversity comparing fresh frozen onlay bone blocks allografts and autografts in human maxillary reconstruction ». *Clinical implant dentistry and related research* 15, n° 4 (2013): 490- 97. https://doi.org/10.1111/j.1708-8208.2011.00382.x.

Spin-Neto, R., A. Stavropoulos, F. L. Coletti, L. A. Pereira, E. Marcantonio, et A. Wenzel. « Remodeling of cortical and corticocancellous fresh-frozen allogeneic block bone grafts : a radiographic and histomorphometric comparison to autologous bone graft ». *Clinical oral implants research* 26, n° 7 (2015): 747- 52. https://doi.org/10.1111/clr.12343.

Waddington R. J., Jones S. Q., et R. Moseley. « Assessing the potential of mesenchymal stem cells in craniofacial bone repair and regeneration ». In *Tissue engineering and regeneration in dentistry : current strategies*, par R. J. Waddington et A. J. Sloan, 69- 95. Oxford : Wiley blackwell, 2017.

Xavier S. P. « Maxillary sinus grafting with autograft versus fresh-frozen allograft : a split-mouth evaluation of bone volume dynamics. » *The international journal of oral & maxillofacial implants* 30, n° 5 (2015): 1137_1142. https://doi.org/10.11607/jomi.3924.

Table des figures

Figure 1 : Classification de Cawood et Howell mettant en évidence les différentes classes de crêtes édentées 6
Figure 2 : Classification de Wang et Al-Shammari classant les défauts osseux selon leur sens et sévérité 7
Figure 3 : Sites de prélèvements intra-buccaux : symphyse mentonnière et zone rétromolaire 9
Figure 4 : Schéma illustrant le processus de la chaîne Supercrit® : utilisation du CO2 supercritique .. 12
Figure 5 : Diagramme de changement d'état du dioxyde de carbone en fonction de la température et de la pression 13
Figure 6 : Effets du traitement Supercrit® montrant le respect du réseau trabéculaire du greffon ... 14
Figure 7 : Coupe histologique de biopsies de mini-implants prélevées sur une crête traitée par allogreffe (a) et une crête traitée par autogreffe (b). Une néo-formation osseuse et un contact os/implant sont observés quel que soit le groupe de traitement. 18
Figure 9 : The diamond concept, illustration des facteurs à prendre en compte pour la réussite de la régénération osseuse 20
Figure 10 : Adaptation du greffon sur-mesure en vue d'une reconstruction d'un défaut en secteur 3 molaire, visible sur un modèle mandibulaire 22
Figure 11 : CBCT pré-opératoire pour la caractérisation trisimensionnelle de l'atrophie osseuse et la planification des greffons 24
Figure 12 : Modélisation du greffon à partir des fichiers Dicom du patient, en fonction de la hauteur et de l'épaisseur d'os initial et en tenant compte des obstacles anatomiques 25
Figure 13 : Schéma de la chronologie de réalisation des greffons sur-mesure, rôles du praticien et de la banque d'os 25
Figure 14 : Usineuse FAO permettant la réalisation du greffon sur-mesure à partir d'un bloc cortico-spongieux ou spongieux 26
Figure 15 : Processus d'usinage d'un bloc allogénique par usineuse FAO à partir des données transmises par le logiciel de CAO 27
Figures 16 : Vue endobuccale mettant en exergue la finesse de la crête mandibulaire 28
Figure 17 : Coupe panoramique issue du CBCT pré-opératoire 29
Figure 20 : Modélisation 3D des greffons allogéniques par la banque d'os, d'après le modèle informatique complété par le praticien 32

Figure 21 : Crête osseuse visible après décollement d'un lambeau sous-périosté avec préservation des papilles par des décharges à distance de celles-ci 33
Figure 22 : Essai des répliques du greffon en résine pour permettre au praticien de visualiser les retouches qu'il faudra faire sur le greffon, dans le but de limiter au maximum la manipulation de ce dernier 34
Figure 23 : Fixation des deux greffons par une vis d'ostéosynthèse centrale par bloc. Leur rotation est empêchée par leur positionnement, les greffons sont parfaitement stables 35
Figure 24 : Fermeture du site opératoire par des sutures hermétiques, une série de points en O et en croix. 36
Figure 25 : Cicatrisation muqueuse complète du site opératoire à 6 mois avec maintien de la gencive kératinisée 36
Figure 26 : CBCT à 6 mois postopératoire soulignant le maintien du niveau osseux global (visible par rapport à la tête de vis d'ostéosynthèse) 37
Figure 27 : Pose des implants après planification via NobelGuide (guide chirurgical) permettant d'obtenir des axes implantaires idéaux pour la prothèse 38
Figure 28 : Visibilité des porte-implants, objectivant les axes des implants, parallèles les uns aux autres 38
Figure 29 : Panoramique de contrôle après la pose des 3 implants mandibulaires. Ils respectent les dents adjacentes et les obstacles anatomiques 39
Figure 30 : Résultat prothétique final en bouche semi-ouverte 40
Figure 31 : Bridge implanto-porté mandibulaire de 6 éléments sur 3 implants 40

Table des tableaux

Tableau 1 : Répartition des matériaux de greffe osseuse en fonction de leurs propriétés..... 11

Vu, le Directeur de thèse

Docteur Francesca MANGIONE

Vu, le Doyen de la Faculté de Chirurgie dentaire
de l'Université Paris Descartes

Professeur Louis MAMAN

Vu, le Président de l'Université Paris Descartes
Professeur Frédéric DARDEL
Pour le Président et par délégation,

Le Doyen Louis MAMAN

Modélisation par conception et fabrication assistée par ordinateur des greffons allogéniques tridimensionnels : régénération des défauts osseux maxillaires et mandibulaires

Résumé :

Les pertes osseuses de la sphère orofaciale peuvent être d'origine physiologique, tumorale, infectieuse, traumatique ou iatrogène. En raison de leur étendue, ces défauts osseux doivent être traités lorsqu'une réhabilitation prothétique esthétique et fonctionnelle implanto-portée est demandée. Quand le défaut osseux compromet la mise en place et la pérennité de cet implant, une régénération osseuse doit être faite. Il est admis aujourd'hui que le gold standard de reconstruction d'un défaut osseux est l'autogreffe (greffe du patient à lui-même.) Cependant elle présente un certain nombre d'inconvénients et de limites qui poussent les chercheurs à trouver des thérapeutiques alternatives. D'où l'intérêt grandissant pour les allogreffes (greffe d'un individu à un autre). Aujourd'hui, grâce au développement des techniques de CFAO, les greffons d'os allogène peuvent être conçus et modélisés à partir de données radiographiques tridimensionnelles. Cette modélisation par ordinateur permet de recevoir une pièce, qui correspondra exactement à l'anatomie de la perte osseuse, avec l'avantage d'une réduction des temps opératoires et une amélioration dans l'aménagement des tissus mous.

Discipline :

Chirurgie orale

Mots clés fMesh et Rameau :

Régénération osseuse -- Dissertations universitaires ; Remodelage osseux -- Dissertations universitaires ; CFAO, Systèmes de -- Thèses et écrits académiques ; Greffe (chirurgie) -- Thèses et écrits académiques

Université Paris Descartes

Faculté de Chirurgie dentaire

1, rue Maurice Arnoux

92120 Montrouge